

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geografie
Studijní obor: Geografie a kartografie



**VYUŽITELNOST SYNOPTICKÉ TYPIZACE
PODLE HESSE A BREZOWSKÉHO
PRO POPIS KLIMATICKÝCH PRVKŮ V EVROPĚ**

The applicability of the Hess-Brezowsky synoptic classification to the
description of climate elements in Europe

Bakalářská práce

Petra Sýkorová

Vedoucí závěrečné práce: RNDr. Radan Huth, DrSc.

Praha, 2013

Zadání bakalářské práce

Název práce:

Využitelnost synoptické typizace podle Hesse a Brezowského k popisu klimatických prvků v Evropě

The applicability of the Hess-Brezowsky synoptic classification to the description of climate elements in Europe

Klíčová slova:

synoptická typizace, atmosférická cirkulace, klimatické prvky, Evropa
synoptic classification, atmospheric circulation, climate elements, Europe

Cíle práce:

1. Prostudovat časopiseckou literaturu týkající se klasifikací polí atmosférické cirkulace (synoptických typizací), s důrazem na typizaci podle Hesse-Brezowského, a jejich souvislosti s přízemními klimatickými prvky, zejm. teplotou a srážkami.
2. Zpracovat rešerši na toto téma.
3. Pomocí vlastní analýzy klimatických dat stanovit, pro jaké oblasti v Evropě je typizace podle Hesse a Brezowského vhodným nástrojem k popisu teploty vzduchu, srážek, příp. i dalších klimatických proměnných.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Zdroje dat: 1. Klimatické prvky: měření teploty a srážek, příp. i dalších klimatických proměnných na stanicích v Evropě z databáze ECA&D, případně i z dat v uzlových bodech E-OBS. Časové období bude zvoleno podle dostupnosti dat; pravděpodobně 1961-2010. 2. Synoptické typy Hesse a Brezowského – k dispozici od 1881.

Základní literatura

- Gerstengarbe, F.-W. et al., 2010: Katalog der Großwetterlagen Europas (1881-2009) nach Paul Hess und Helmuth Brezowsky. Potsdam, Offenbach a. M. (Germany) (<http://www.pik-potsdam.de/~u Werner/gwl/welcome.htm>)
- Haylock, M.R. et al., 2008: A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. J. Geophys. Res., 113, D20119.
- Huth, R., 2010: Synoptic-climatological applicability of circulation classifications from the COST733 collection: First results. Phys. Chem. Earth, 35, 388-394.
- James, P.M. 2007: An objective classification method for Hess and Brezowsky Grosswetterlagen over Europe. Theor. Appl. Climatol., 88, 17-42.
- Klein Tank, A.M.G. et al. 2002: Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. Int. J. Climatol., 22, 1441-1453

Datum zadání:

24.10.2012

studentka: Petra Sýkorová

vedoucí práce: RNDr. Radan Huth, DrSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 10.8.2013

.....
Petra Sýkorová

Poděkování:

Ráda poděkovala vedoucímu této práce za čas, který mi věnoval, za jeho rady a připomínky, za pomoc při hledání dat a odborné literatury, a v neposlední řadě za jeho trpělivý a vstřícný přístup. Také bych ráda poděkovala své rodině za podporu, bez níž by na psaní této práce vůbec nedošlo.

Abstrakt

Tato práce se zabývá využitelností synoptické typizace podle Hesse a Brezowského pro popis klimatických prvků, konkrétně minimální a maximální teploty vzduchu a srážek, v Evropě. V první části jsou shrnuty poznatky týkající se klasifikací polí atmosférické cirkulace (s důrazem na typizaci Hesse a Brezowského) a jejich využití pro popis klimatických prvků. V druhé části je analyzována vhodnost typizace Hesse a Brezowského pro popis těchto prvků na území Evropy, a to pomocí dvouvýběrového Kolmogorovova-Smirnovova testu. Testována byla data za období 1961 – 2000, ze 113 stanic z databáze ECA&D. Vhodnost využití typizace k popisu klimatických prvků na dané stanici byla posuzována podle podílu synoptických typů, při kterých měl daný prvek odlišné pravděpodobnostní rozdělení od všech hodnot na stanici. Nejvhodnější byla typizace k popisu klimatických prvků v Německu a okolních státech, nejméně vhodná byla k tomuto účelu ve Středomoří a Východní Evropě. U minimálních a maximálních teplot byla využitelnost lepší než u srážek. V létě byla využitelnost typizace horší než v zimě.

Klíčová slova: synoptická typizace, atmosférická cirkulace, klimatické prvky, Evropa

Abstract

This thesis deals with the applicability of the Hess-Brezowsky synoptic classification to the description of climate elements, minimal and maximal temperatures and precipitation, in Europe. The first part of the thesis is an overview of the knowledge concerning circulation classifications (with emphasis on the Hess-Brezowsky synoptic classification) and its applicability to the description of climatic elements. In the second part of this thesis, the suitability of the Hess-Brezowsky classification for this purpose in the European domain is analyzed, using the two-sample Kolmogorov-Smirnov test. The test was performed on ECA&D data from 113 climatic stations for the years 1961 - 2000. The suitability of the classification for describing climatic elements at a given station was assessed according to the percentage of the synoptic types, during which the elements' probability distribution functions differed from the rest of the values. The classification was deemed most suitable for describing climatic elements in Germany and its neighboring states and least suitable in the Mediterranean and Eastern Europe. The classification was more suitable for the description of minimal and maximal temperatures than precipitation and less suitable for description of all climatic elements in the summer months than in the winter months.

Keywords: synoptic classification, atmospheric circulation, climate elements, Europe

Obsah

1. Úvod	7
2. Klasifikace polí atmosférické cirkulace a jejich souvislost s přizemními klimatickými prvky.....	8
2.1. Historie, vývoj a dělení klasifikací	8
2.2. Synoptická typizace podle Hesse a Brezowského	10
2.2.1. Vznik	10
2.2.2. Synoptické typy	10
2.2.3. Objektivní verze	12
2.3. Využití	13
3. Využitelnost typizace podle Hesse a Brezowského pro určování přizemních klimatických prvků na území Evropy	16
3.1. Data.....	17
3.2. Metody.....	19
3.3. Výsledky.....	23
3.3.1. Srážky v letních měsících	23
3.3.2. Srážky v zimních měsících	25
3.3.3. Minimální teploty v letních měsících	27
3.3.4. Minimální teploty v zimních měsících	29
3.3.5. Maximální teploty v letních měsících.....	31
3.3.6. Maximální teploty v zimních měsících.....	33
3.3.7. Využitelnost pro všechny prvky	35
3.4. Diskuze	38
4. Závěr.....	40
Seznam použité literatury	42
Seznam ostatních zdrojů.....	44
Seznam obrázků.....	45
Seznam příloh.....	46
Přílohy	48

1. Úvod

Atmosférická cirkulace zásadním způsobem ovlivňuje klima v globálním i lokálním měřítku. V globálním měřítku je tento fakt zřejmý; důkazem je například rozšíření pouští v oblastech, kde vanou pasáty. V lokálním měřítku je hledání souvislostí mezi místními klimatickými podmínkami a atmosférickou cirkulací kvůli její značné proměnlivosti složitější, i tak se ale při jejím delším pozorování dá odvodit řada zákonitostí. Například i průměrně všímavý Čech si je jistě vědom toho, že proudění větru ze severu a severovýchodu v zimě na našem území souvisí se vpády velmi studeného vzduchu. Stejně tak určitě zaregistroval, že nejvíce sluníčka si může užít při vlivu tlakové výše, a že tlakové níže na naše území naopak přináší oblačnost a srážky.

Ačkoliv je tedy atmosférická cirkulace velice proměnlivá, dá se jejím delším pozorováním a následným zjednodušením odvodit několik jejích typických stavů, které pak mohou být mnohem snadněji dány do souvislosti s místními klimatickými prvky a jevy. Soubory těchto typických stavů se označují jako klasifikace atmosférické cirkulace. Vzhledem k tomu, že se dá atmosférická cirkulace popsat mnoha různými způsoby, existuje více různých druhů těchto klasifikací (Huth et al., 2008). Předmětem klasifikace mohou být například zpětné trajektorie vzduchových hmot, dráhy cyklón a pole větru, nejčastěji však pole atmosférické cirkulace. Pod tímto pojmem se rozumí pole tlaku přepočteného na hladinu moře (tlakové pole), geopotenciálních výšek (výškové pole), popřípadě jiné proměnné popisující atmosférickou cirkulaci nad zájmovým územím. Klasifikace polí atmosférické cirkulace jsou označovány jako cirkulační klasifikace¹, jednotlivé třídy těchto klasifikací se nazývají cirkulační typy. V případě subjektivních klasifikací se používají termíny "synoptický typ" a „synoptická typizace“.

Jednou z nejznámějších synoptických typizací je typizace podle Hesse a Brezowského, vytvořená analýzou synoptických map Evropy a přilehlého oceánu původně za účelem předpovědi počasí v Německu a okolních státech (Gerstengarbe a Werner, 2010). Dnes je využívána pro klimatické studie i v jiných částech Evropy (např. Cony et al., 2010), otázkou však je, jestli v těchto regionech funguje stejně spolehlivě, jako ve střední Evropě, pro kterou byla vytvořena. Na tuto a jiné otázky se budu snažit najít odpověď v následujících kapitolách.

Prvním cílem této práce je pomocí odborné literatury shromáždit poznatky týkající se klasifikací polí atmosférické cirkulace, a to s důrazem na typizaci podle Hesse

¹ Doslovný překlad anglického termínu "circulation classification".

a Brezowského, a jejich souvislosti s přízemními klimatickými prvky, zejména teplotou a srážkami. Druhým cílem je vyhodnotit využitelnost této typizace pro určování těchto klimatických prvků na území Evropy, a to pomocí vlastní analýzy klimatických dat z let 1961 – 2000.

Práce je koncipovaná následovně: ve 2. kapitole se zabývám klasifikacemi polí atmosférické cirkulace a jejich využitím pro hledání souvislosti s přízemními klimatickými prvky, přičemž se podrobněji zaměřuji na synoptickou typizaci podle Hesse a Brezowského; ve 3. kapitole analyzuji využitelnost této klasifikace pro popis minimální a maximální teploty vzduchu a srážek na území Evropy; ve 4. kapitole jsou shrnuty hlavní výsledky práce.

2. Klasifikace polí atmosférické cirkulace a jejich souvislost s přízemními klimatickými prvky

Cílem této části práce je formou literární rešerše představit náhled do problematiky klasifikací polí atmosférické cirkulace, se zaměřením na typizaci Hesse a Brezowského, a jejich využití pro popis klimatických prvků. Kapitola se dělí následovně: v části 2.1. je shrnut vývoj a dělení cirkulačních klasifikací, v části 2.2. se zabývám typizací Hesse a Brezowského a její objektivní verzí a v části 2.3. jsou uvedeny způsoby využití cirkulačních klasifikací s důrazem na jejich souvislost s klimatickými prvky.

2.1. Historie, vývoj a dělení klasifikací

Jedním z prvních meteorologů, kterému se podařilo zaznamenat a popsat systematické chování atmosférické cirkulace, byl na konci 19. století W. J. van Bebber (Dittmann, 2007). Ten za účelem předpovědi intenzivních srážkových epizod studoval a následně klasifikoval dráhy cyklón nad evropským kontinentem a přilehlým oceánem a očísloval je římskými číslicemi od I do V (Kreienkamp et al., 2010). Jeho klasifikace se dnes již nepoužívá, s výjimkou dráhy Vb, po které putují cyklóny z Jaderského moře do střední Evropy a dál na severovýchod. Právě tato dráha cyklón je například v České republice spojována s největšími povodněmi minulého století (Hladný et al., 1998).

V druhé polovině 20. let pak byla vytvořena Lambova klasifikace, a do finální podoby byla upravena synoptická typizace podle Hesse a Brezowského. Tyto dvě klasifikace patří v Evropě mezi nejznámější, a to i díky tomu, že jejich součástí jsou kalendáře povětrnostních situací, ve kterých je každý den od roku 1861 (Lambova), respektive 1881 (podle Hesse a Brezowského) až do současnosti zařazen pod určitý synoptický typ.

S rozvojem a zvyšující se výkonností výpočetní techniky bylo umožněno zautomatizovat jednotlivé kroky klasifikace a zpracovávat velké množství dat, hlavním účelem atmosférických klasifikací přestala být předpověď počasí a místo toho našly uplatnění v řadě klimatologických odvětví (Huth et al., 2008).

V současnosti existují jenom v Evropě desítky klasifikací atmosférické cirkulace, lišících se prostorovým i časovým rozlišením, klasifikovanou proměnnou, počtem typů apod. Vytvořit jejich databázi a srovnat je na základě výše zmíněných kritérií bylo cílem projektu COST733: *Harmonisation and Applications of Weather Types Classifications for European Regions* (Huth et al., 2007). Naprostá většina (konkrétně 84 %) v něm shromážděných klasifikací měla denní časové rozlišení, u zbylých bylo kratší, tj. 12 a 6 hodinové (9 %), nebo naopak delší, tj. měsíční (5 %). Prostorové rozlišení bylo rozděleno do pěti obecnějších kategorií: kontinentální (kam spadala polovina klasifikací), sub-kontinentální (20 % klasifikací), celostátní (zahrnuje území celého státu, nebo i jeho okolí, popřípadě více malých států; patřila sem 20 % klasifikací), regionální a lokální (dohromady 8 %). Co se klasifikovaných veličin týče, naprostá většina klasifikací (84 %) byla založena na popisu polí atmosférické cirkulace (tlak přepočtený na hladinu moře, geopotenciální výšky), někdy doplněnými i o jiné proměnné. Zbylé klasifikace byly založeny například na klasifikaci drah cyklón, popisu přízemních meteorologických prvků naměřených na malém počtu sousedních stanic (klasifikace počasí) a vlastností vzduchových hmot (klasifikace vzduchových hmot). Podle účelu se klasifikace dělily na meteorologické (předpověď počasí, studie kvality ovzduší apod.) a klimatologické (studie dlouhodobých změn klimatu a atmosférické cirkulace, vztahu mezi cirkulací a přízemními meteorologickými a klimatickými prvky, statistický downscaling, apod.). Konečně, podle přístupu se klasifikace dělily na subjektivní (30 % klasifikací), objektivní (45 %) a smíšené (25 %). U subjektivních klasifikací jsou synoptické typy vytvořeny a přiřazovány ručně. Alternativou k subjektivním klasifikacím jsou klasifikace objektivní. U těch je pomocí zautomatizovaného postupu vytvořena sada nových synoptických typů, automaticky probíhá i zařazování synoptických situací pod tyto typy. Třetím typem jsou klasifikace smíšené, kdy je první z těchto kroků prováděn subjektivním postupem. Do této skupiny patřily i zobektivizované verze subjektivních klasifikací (nejčastěji Lambovy a typizace Hesse a Brezowského). Pro podrobnější přehled klasifikačních metod a jejich vývoj viz Huth et al. (2008).

2.2. Synoptická typizace podle Hesse a Brezowského

2.2.1. Vznik

Synoptická typizace podle Hesse a Brezowského je podle Jamese (2007) v současné době jedinou subjektivní klasifikací, která je schopná postihnout charakteristiky synoptických jevů velkého měřítka a přitom zkoumat jejich souvislost s jejich projevy na lokální úrovni.

Tato typizace je založená na klasifikaci Baura z roku 1944, která obsahovala 21 synoptických typů definovaných zaprvé podle geografické polohy tlakových útvarů a polohy frontální zóny nad evropským kontinentem a přilehlým oceánem, zadruhé podle rázu počasí nad střední Evropou, které může být cyklonální, nebo anticyklonální podle převládajícího vlivu okolních tlakových útvarů (Gerstengarbe a Werner, 2010). V letech 1952, 1969 a 1977 byla přepracována Hessem a Brezowským, podle kterých se dnes nazývá. Počet typů se zvýšil na 29 a při jejich definici se začalo přihlížet i ke geopotenciálním výškám hladiny 500 hPa a tlaku přepočteného na hladinu moře. V roce 1952 byl poprvé vydán kalendář, který udával synoptický typ pro každý den od 1. ledna 1881 do 31. prosince 1950. Od té doby byl spolu s klasifikací několikrát aktualizován (naposledy F.-W. Gerstengarbe a P. C. Werner v roce 2010), přičemž od roku 1999 ho spravuje Německá meteorologická služba.

2.2.2. Synoptické typy

Synoptická typizace podle Hesse a Brezowského se v současnosti skládá z 29 synoptických typů². Ty se dělí do skupin podle směru proudění, které při nich převažuje ve střední Evropě, na typ zonální (rovnoběžkový), smíšený a meridionální (poledníkový), a dále pak podrobněji podle směrové růžice nebo převládajícího vlivu, popřípadě přítomnosti, tlakové výše nebo níže nad střední Evropou (viz Tab. 1).

Zonální cirkulace převládá v případě, že mezi dostatečně vyvinutou subtropickou tlakovou výší nad severním Atlantikem a stejně dostatečně hlubokou tlakovou níží v subpolární oblasti vzniká proudění ve více méně západovýchodním směru (Gerstengarbe a Werner, 2010). Frontální systémy přecházejí ze západu na východ, z oblasti nad severovýchodním Atlantikem směrem nad evropskou pevninu. Při smíšené cirkulaci je proudění vzduchu v zonálním a meridionálním směru přibližně stejně silné, což znamená, že proudění vzduchových hmot mezi rozdílnými zeměpisnými šířkami neprobíhá po nejkratší (meridionální) trase, nýbrž má i výraznou zonální složku. Typickým příkladem smíšeného

² V odborné literatuře je často používán podle německého originálu pojem Grosswetterlage v případě jednotlivých typů, a Grosswetterlagen (popřípadě zkratka GWL, či HBGWL) pro celou klasifikaci.

synoptického typu jsou typy jihozápadní a severozápadní s protáhlým frontálním pásmem v odpovídajícím směru. Řídící anticyklóna je ve srovnání se zonálními typy severněji, přibližně na 50. rovnoběžce, nad východní částí severního Atlantiku (severovýchodní typy), střední Evropou (typy s TV nad střední Evropou), nebo nad východní Evropou (jihozápadní typy). Vzhledem k proměnlivému směru proudění patří pod smíšený typ i typ TM s TN nad střední Evropou.

Pro meridionální cirkulaci je charakteristická stacionární, blokující tlaková výše mezi 50. a 65. rovnoběžkou. Do této skupiny spadají také všechny typy, kde dominují brázdy nízkého tlaku vzduchu se severojižně orientovanou osou. Podle umístění řídícího tlakového centra a proudění směřujícího do střední Evropy lze rozlišit severní, východní a jižní typy. Sporný případ tvoří severovýchodní a jihovýchodní typy. Na první pohled by se mohlo zdát, že patří do skupiny typů smíšených, nicméně vzhledem k tomu, že jsou pevně vázány na blokující severo- nebo východoevropskou tlakovou výši a netvoří se u nich protáhlé frontální pásma postupující ze severovýchodu na jihozápad, popřípadě z jihovýchodu na severozápad, patří do skupiny meridionální.

Tab. 1: Rozdělení synoptických typů podle směru proudění (TV = tlak. výše, TN = tlak. níže)

zonální	západní	WA	západní anticyklonální
		WZ	západní cyklonální
		WS	západní s jižní dráhou
		WW	západní přímořský
smíšené	jihozápadní	SWA	jihozápadní anticyklonální
		SWZ	jihozápadní cyklonální
	severozápadní	NWA	severozápadní anticyklonální
		NWZ	severozápadní cyklonální
	TV nad střední Evropou	HM	TV nad střední Evropou
		BM	hřeben nad střední Evropou
	TN nad střední Evropou	TM	TN nad střední Evropou
meridionální	severní	NA	severní anticyklonální
		NZ	severní cyklonální
		HNA	TV nad Norským m.-Islandem, anticyklonální
		HNZ	TV nad Norským m.-Islandem, cyklonální
		HB	TV nad Britskými ostrovy
		TRM	brázda nad střední Evropou
	severovýchodní	NEA	severovýchodní anticyklonální
		NEZ	severovýchodní cyklonální
	východní	HFA	TV nad Fennoskandinávií, anticyklonální
		HFZ	TV nad Fennoskandinávií, cyklonální
		HNFA	TV nad Norským m.-Fennoskandinávií, anticyklonální
		HNFZ	TV nad Norským m.-Fennoskandinávií, cyklonální
	jihovýchodní	SEA	jihovýchodní anticyklonální
		SEZ	jihovýchodní cyklonální
	jižní	SA	jižní anticyklonální
		SZ	jižní cyklonální
		TB	TN nad Britskými ostrovy
		TRW	brázda nad západní Evropou

Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010)

Každý typ v této klasifikaci musí trvat alespoň tři po sobě následující dny. Pokud má synoptická situace kratší trvání, přiřadí se k předchozímu, či následujícímu typu, nebo je označena jako typ přechodný (v kalendáři veden pod zkratkou U). Příklady rozložení výškového a tlakového pole při jednotlivých synoptických typech jsou zobrazeny v Příloze 3 – 12.

2.2.3. Objektivní verze

Subjektivní klasifikace (synoptické typizace) jsou hojně využívány pro nejrůznější účely, mají však své nedostatky, přičemž tím nejzávažnějším je závislost přiřazení synoptického typu na subjektivním posudku klasifikující osoby (Huth, 1996). Tato subjektivita může být z procesu eliminována dvěma způsoby. Prvním je možnost vyvinout proceduru objektivního zařazování synoptických situací pod subjektivně sestavené synoptické typy. Druhý způsob navíc zahrnuje i objektivní sestavení synoptických typů.

První možnost si vybral James (2007), jehož cílem bylo pomocí re-analizovaných dat ERA40 vytvořit objektivní verzi typizace Hesse a Brezowského něj a posléze i objektivní kalendář synoptických typů. Oba tyto nástroje by pak sloužily pro klimatologické studie a klimatické modelování. Přestože typizaci Hesse a Brezowského označil za v současné době nejlepší metodu klasifikace polí atmosférické cirkulace nad evropským kontinentem, spatřoval James v původní klasifikaci řadu nedostatků. Například uvedl, že některé typy jsou nedostatečně rozlišené (západní typy), jiné by naopak mohly být sloučeny pod jeden typ (např. NEA a NEZ). Problém viděl i v subjektivním přístupu při vytváření synoptického kalendáře, který s sebou nese i vyšší pravděpodobnost špatně přiřazeného typu.

Jednotlivé typy objektivní klasifikace byly vytvořeny zprůměrováním denních hodnot tlaku vzduchu přepočteného na hladinu moře a geopotenciálních výšek hladiny 500 hPa z období od září 1957 do srpna 2002. Hodnoty byly průměrovány vždy z dní, ve kterých byl daný typ zaznamenán v synoptickém kalendáři subjektivní verze; data pro zimní a letní půlrok byla průměrována zvlášť, vzhledem k tomu, že velikost a intenzita tlakových útvarů je v těchto dvou obdobích i při stejném synoptickém typu značně odlišná. Pomocí zautomatizovaného postupu, kde byl ke každému dni od září 1957 do srpna 2002 přiřazen sezónou vážený typ s nejvyšším korelačním koeficientem, byl vytvořen objektivní synoptický kalendář pro toto období. Ten byl následně upraven, aby splňoval podmínku, že každý typ musí trvat alespoň tři po sobě následující dny.

Při srovnání subjektivního a objektivního kalendáře byla zaznamenána shoda přibližně ve třetině případů. Měsíčně bylo nejvyšší shody dosaženo v únoru (44 %), nejnižší v dubnu (33 %). Ročně se shody pohybovaly od 28 % v roce 2000 do 52 % v roce 1978. Relativně nízký počet shod byl vysvětlen rozdílným zaměřením obou klasifikací; subjektivní verze se víc zaměřuje na střední Evropu, zatímco objektivní verze víc na Evropu jako celek, přičemž je ale na lokální úrovni méně přesná. Svou roli v nízkém počtu shod hrála i jistá úroveň chybovosti v subjektivním kalendáři. Obecné vlastnosti, jako například vyvrcholení četnosti cyklonálních a severních typů v pozdní části jara a anticyklonálních a jižních typů na podzim, byly zaznamenány u obou kalendářů.

Kromě této verze klasifikace vytvořil James ještě dvě další; u první byla zrušena podmínka, že každý synoptický typ musí trvat alespoň tři po sobě jdoucí dny, u druhé je při generování synoptických typů brán v úvahu pouze tlak přepočtený na hladinu moře (Philipp et al., 2010).

2.3. Využití

Přehled možných využití cirkulačních klasifikací a odkazy na konkrétní studie představili Huth et al. (2008). Původním účelem klasifikací polí atmosférické cirkulace byla předpověď počasí, kde je s rozvojem výpočetní techniky začaly nahrazovat numerické modely. Nyní se sice objevila možnost jejich využití v ensemblové předpovědi počasí, konkrétně při vyjádření jejich výsledků pomocí pravděpodobnosti výskytu jednotlivých cirkulačních typů pro každý den předpovědi, mnohem obvyklejší je ale jejich využití v jiných klimatologických odvětvích.

Poměrně časté je například jejich využití pro výzkum změny klimatu, což zahrnuje rekonstrukce minulých a projekce budoucích klimatických podmínek, studie změn četnosti výskytu a doby trvání jednotlivých cirkulačních typů a jejich souvislost s teplotními extrémy, apod. Mnoho studií je zaměřeno na hledání souvislosti mezi cirkulačními typy vybraných klasifikací a chováním klimatických prvků. Míra schopnosti jednotlivých klasifikací dobře popsat klimatické prvky v různých zájmových územích často slouží jako kritérium pro srovnání těchto klasifikací navzájem. Dalším předmětem zkoumání jsou i souvislosti cirkulačních typů s jevy jako například znečištění ovzduší, tání ledovců, přízemní mrazy aj.

Tato práce je zaměřena na využití klasifikací polí atmosférické cirkulace pro popis klimatických prvků, neboli na zkoumání souvislosti mezi jednotlivými cirkulačními typy dané klasifikace a tím, jaké jsou při nich povětrnostní podmínky. V následujících několika

odstavcích jsou uvedeny některé konkrétní příklady využití typizace Hesse a Brezowského k tomuto účelu.

K analýze prostorové diferenciaci průměrné denní teploty vzduchu v Polsku využil typizaci Hesse a Brezowského Ustrnul (2006); výsledky pak znázornil pomocí GISu. Jeho cílem bylo představit novou metodu konstrukce klimatických map na základě analýzy denních hodnot. Výsledkem byly mapy průměrné teploty vzduchu v lednu a v červenci při jednotlivých synoptických typech, popřípadě mapy znázorňující pomocí směrodatné odchylky prostorovou diferenciaci proměnlivosti tohoto klimatického prvku. Mimo jiné došel k závěru, že synoptické typy mají velký vliv na výskyt určitých teplot (jejich distribuci), a to nezávisle na fyzicko-geografické poloze stanice. Na tvaru terénu podle něj závisí proměnlivost teploty, která je tím vyšší, čím víc je povrch konkávní.

Souvislost mezi prodlužující se průměrnou dobou trvání synoptických typů a zvyšujícím se výskytem a závažností teplotních extrémů, konkrétně horkých a studených vln, zkoumal Kyselý, nejdřív na příkladu stanice Praha-Klementinum (Kyselý, 2007), poté podrobněji na 22 stanicích rozmístěných na území Evropy (Kyselý, 2008). V obou případech k horkým vlnám přispívalo delší přetrvávání typů s dominantním vlivem systému vysokého tlaku vzduchu anebo teplou advekcí vzduchu z jihozápadních až východních směrů (především typy východní a typy s TV ve střední Evropě). Ke studeným vlnám přispívaly obdobně typy s dominantním vlivem systému vysokého tlaku vzduchu anebo studenou advekcí vzduchu ze severních až východních směrů (především severní a východní typy).

Ke studiu vztahu mezi atmosférickou cirkulací a povodněmi na řece Vltavě využili typizaci Hesse a Brezowského Kyselý et al. (2003). Zjistili, že pro zimní povodně je typický nástup typů se zonálním prouděním, následující po synoptických typech s prouděním severním, což se projevuje oteplením a následným rychlým táním sněhu a ledu, doprovázeným dešťovými srážkami. Pro letní povodně byly typické typy TM a TRM, typy s výší nad Fennoskandinávií, severní typy a typ SEZ, které doprovázelo ochlazení a intenzivní trvalé velkoplošné srážky.

K podobným studiím se samozřejmě používají i jiné klasifikace, často sestavené pro danou lokalitu (např. o velikosti státu), ve které jsou tím pádem přesnější, než klasifikace zaměřené na větší územní celky. Příkladem mohou být klasifikace podle Niedźwiedze pro jižní Polsko, nebo Brádkova klasifikace, používaná na území České a Slovenské republiky.

Niedźwiedzowa synoptická typizace reprezentuje dynamiku atmosférických procesů nad jižním Polskem (Twardosz, 2007). Jejím základem byly synoptické mapy Evropy (vždy

z 00:00 a 12:00 UTC) a mapy výškového pole hladiny 700 hPa. Součástí klasifikace je kalendář synoptických typů od roku 1886, a od roku 1951 i typů vzduchových hmot a atmosférických front. Nejdůležitějšími prvky definovaných cirkulačních typů jsou informace o směru advekce vzduchových hmot a o typu tlakového pole. Celkem je definováno 20 typů, včetně 16 advekčních typů, rozlišených podle směru proudění a cyklonality/anticyklonality, a 4 typů bez proudění, popřípadě s více jeho směry. Kromě těchto typů existuje stejně jako u typizace Hesse a Brezowského kategorie, pod kterou se řadí neidentifikovatelné situace.

Tato klasifikace byla použita například pro analýzu vlivu jednotlivých synoptických situací na frekvenci a pravděpodobnost výskytu srážek, na jejich efektivitu a průměrné a maximální úhrny v Krakově (Twardosz a Niedźwiedź, 2001). Dalším příkladem je analýza denního chodu srážek v tomtéž místě a jeho souvislosti s jednotlivými cirkulačními typy (Twardosz, 2007). Obě studie prokázaly významnou souvislost mezi výskyty jednotlivých cirkulačních typů a zkoumanými prvky.

V České republice se pro typizaci povětrnostních situací používá Brádkova klasifikace. Ta je odvozená od typizace podle Hesse a Brezowského, přičemž některé typy byly vynechány, rozděleny, popřípadě sloučeny, tak, aby vyhovovala pro území bývalého Československa (Brádka et al., 1961). Od roku 1946 je veden kalendář synoptických typů, dostupný na stránkách ČHMÚ (2013). Tato typizace byla využita například při podrobné analýze chování základních meteorologických prvků (přízemní vítr, teplota vzduchu, sluneční svit, srážky, nový sníh) při jednotlivých synoptických typech na českém území v letech 1961 až 1990 (Křivancová a Vavruška, 1997). Dalším případem využití této klasifikace je analýza souvislosti mezi výskytem povodňových situací, popřípadě tvarem povodňových vln, na řece Ohři a cirkulačními typy (Čekal, 2007).

Podobných studií je celá řada a uveden zde byl jen malý zlomek z nich. Totéž platí o uvedených klasifikacích, kterých existují jen v Evropě desítky.

3. Využitelnost typizace podle Hesse a Brezowského pro určování přízemních klimatických prvků na území Evropy

V předchozí kapitole byla zkoumána využitelnost typizace Hesse a Brezowského ve smyslu různých způsobů jejího využití v meteorologii a klimatologii. V této části práce se budu zabývat využitelností této klasifikace v jiném slova smyslu, tj. její vhodností k využití v různých částech Evropy.

Klasifikace vytvořené s ohledem na určitou lokalitu zpravidla nebudou stejně dobře fungovat v lokalitách jiných; výjimkou je například Jenkinsonova klasifikace, zobektivizovaná verze Lambovy klasifikace³ vytvořené pro Britské ostrovy, kterou je možno úspěšně použít i pro jiné geografické oblasti (James, 2007; Buishand & Brandsma, 1997). Ze studií srovnávajících jednotlivé klasifikace podle jejich schopnosti spolehlivě popsat chování klimatických prvků vyplývá, že ani typizace Hesse a Brezowského, klasifikující pole atmosférické cirkulace nad Evropou, nefunguje na celém jejím území stejně dobře; v některých oblastech, například ve střední Evropě, je tato typizace k popisu přízemních klimatických prvků vhodná (Huth, 2010; Ustrnul et al., 2010), v některých, například ve Středomoří, naopak selhává (Casado et al., 2010). Je tedy na místě pokusit se zjistit, ve kterých evropských oblastech se typizace k tomuto účelu hodí a ve kterých ne.

Hlavní otázky, které se v této části práce budu snažit zodpovědět, jsou:

- Pro které evropské oblasti je typizace podle Hesse a Brezowského vhodným nástrojem k popisu teploty vzduchu a srážek?
- Pro které oblasti se k jejich popisu naopak nehodí?
- Mění se využitelnost typizace v závislosti na ročním období?

Analýza je koncipovaná následovně: v částech 3.1. a 3.2. jsou představeny data a metody, v části 3.3. jsou shrnuty výsledky analýzy, které jsou následovně diskutovány v části 3.4.

³ Klasifikace podle H. H. Lamba, vytvořená v roce 1950 pro Britské ostrovy (O'Hare a Sweeney, 1993). Obsahuje sedm cirkulačních typů, z nichž je pět definováno podle rozložení tlakových útvarů a s tím souvisejícím prouděním vzduchu nad Britskými ostrovy (západní, severní, apod.) a zbylé dva jsou definovány dominantním vlivem tlakové výše (anticyklonální), nebo níže (cyklonální) v této oblasti. Každý z těchto typů je spojen s určitým typem počasí. Ke klasifikaci se vztahuje kalendář povětrnostních situací, ve kterém je zaznamenán synoptický typ pro každý den od roku 1861.

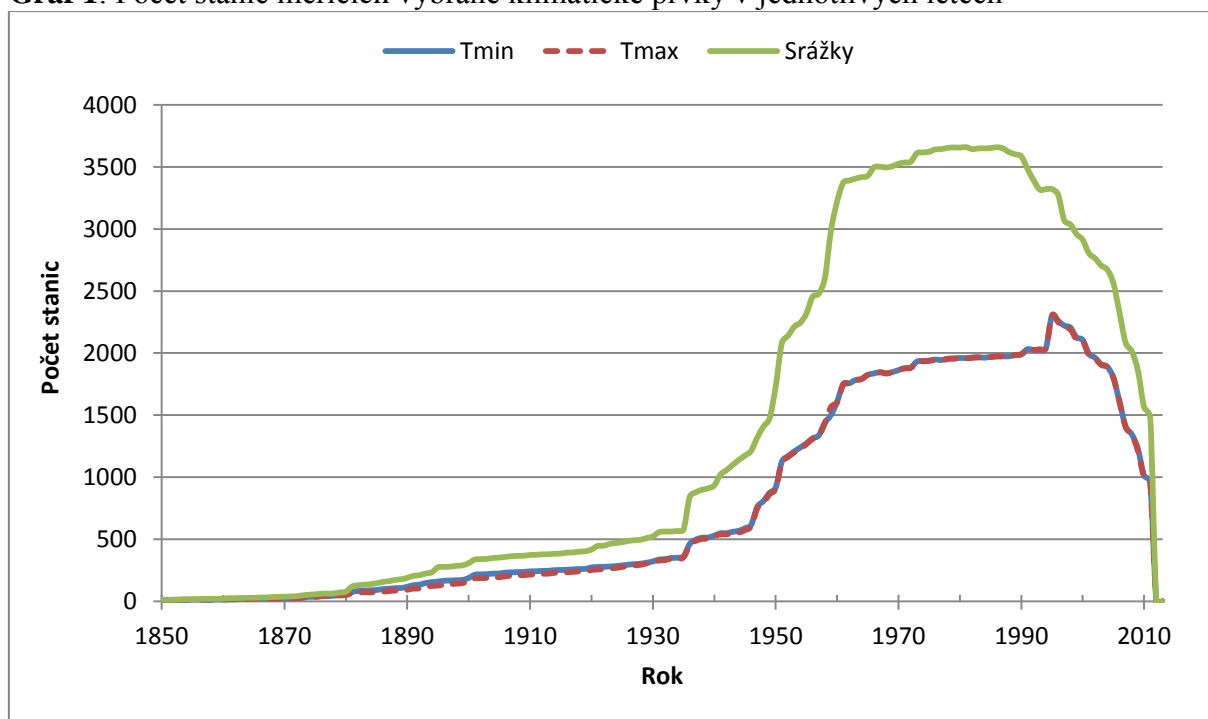
Existuje několik objektivních verzí Lambovy klasifikace, přičemž první vytvořili v roce 1977 Jenkinson a Collison (Buishand a Brandsma, 1997). Vstupem jsou průměrné hodnoty tlaku přepočteného na hladinu moře a výstupem 27 synoptických typů (8 podle směru větru, anti- a cyklonální, 16 hybridních a přechodný/neidentifikovaný typ). Tuto verzi dále modifikoval James (Phillip et al., 2010).

3.1. Data

Pro analýzu byla použita klimatická data z celkem 109 evropských a 4 tureckých klimatických stanic z databáze projektu European Climate Assessment & Dataset (ECA&D). Projekt zaštiťuje Královský nizozemský meteorologický institut, který shromažďuje data, jež mu poskytují národní meteorologické úřady zúčastněných zemí, v České republice například ČHMÚ (Klein Tank et al, 2002). Většina datových řad je volně k dispozici pro výzkum, a to na stránkách projektu: <http://eca.knmi.nl>. V této databázi se shromažďují denní klimatická data z meteorologických stanic na území Evropy, Středomoří a Blízkého východu. Databáze byla od doby svého vzniku několikrát aktualizována a rozšířena o nové stanice (Klok a Klein Tank, 2009). V současné době databáze obsahuje časové řady pro maximální, minimální a průměrnou teplotu vzduchu, srážkové úhrny, dobu slunečního svitu, tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře, relativní vlhkost vzduchu, rychlost a směr větru a oblačnost.

V této práci jsou analyzována data pro minimální a maximální teplotu vzduchu a srážkové úhrny. Počet stanic měřících tyto prvky v průběhu minulého století značně kolísal (viz Graf 1). Nejlépe pokrytým obdobím byly roky 1960 až 1990, poměrně velký počet stanic měřil i do roku 2000. S ohledem na tuto skutečnost bylo pro analýzu vybráno období v letech 1961 až 2000, konkrétně zimní (prosinec, leden, únor) a letní (červen, červenec, srpen) měsíce v těchto letech.

Graf 1: Počet stanic měřících vybrané klimatické prvky v jednotlivých letech



Zdroj: ECA&D (2013a), vlastní úpravy

Po konzultaci s vedoucím této práce bylo vybráno 123 stanic rozmístěných poměrně rovnoměrně po evropském kontinentu a Blízkém východě. Z časových řad byla vybrána data za zimní a letní měsíce, v nichž byly při následné kontrole objeveny výpadky měření. Ty ve většině případů trvaly jeden až dva po sobě jdoucí dny, v některých případech ale i několik týdnů. Pokud výpadek trval déle než tři dny, byla stanice pro analýzu dané veličiny v daném období vynechána. Stanice, u kterých nebylo možno kvůli takovýmto výpadkům analyzovat ani jednu veličinu, byly z výběru odstraněny. Jednalo se o 10 stanic, z toho 3 v Itálii, 3 v Rusku a po jedné v Alžírsku, Izraeli, Portugalsku a na Ukrajině (Příloha 2), rozmístění zbylých 113 stanic je znázorněno v Příloze 1.

V případě jednodenních výpadků byla u maximálních a minimálních teplot chybějící hodnota vypočítána zprůměrováním předcházející a následující hodnoty daného prvku, a to s přihlédnutím k hodnotám zaznamenaným ve stejný den na sousedních stanicích. V ostatních případech byly hodnoty odečteny z denních map E-OBS, což je soubor rastrů, které byly vytvořeny interpolací denních dat z databáze projektu ECA&D a znázorňují denní rozložení teplot, srážek a tlaku vzduchu přepočteného na hladinu moře na evropském kontinentu (Haylock et al., 2008). Jejich vytvořením byl umožněn odhad hodnot klimatických prvků v místech, kde chybí měřicí stanice, což je zásadní pro klimatické studie v těchto oblastech. Tyto denní mapy jsou zpřístupněné veřejnosti, opět na stránkách projektu ECA&D: <http://eca.knmi.nl>. Po doplnění datových řad byl ke každému dni v zimních a letních měsících od roku 1961 do roku 2000 přiřazen synoptický typ, zjištěný v kalendáři synoptických typů, který sestavili Gerstengarbe a Werner (2010). Pokud se synoptický typ vyskytl v daném období v méně než 1 % případů, byl z analýzy pro toto období vynechán. To se týkalo typů NA, NEA a NEZ v zimních měsících a typů SEA, SEZ, SA a SZ v měsících letních (Tab. 2).

Tab. 2: Četnost výskytu synoptických typů v jednotlivých obdobích v letech 1961 – 2000; tučně jsou zvýrazněny počty výskytů pod stanovenou hranicí a kurzívou přechodný typ U, který není zahrnut do analýzy

Synoptický typ	Číslo typu	léto	zima	Synoptický typ	Číslo typu	léto	zima	Synoptický typ	Číslo typu	léto	zima
WA	1	302	196	TM	11	51	45	HFZ	21	72	57
WZ	2	551	759	NA	12	45	16	HNFA	22	79	36
WS	3	75	188	NZ	13	79	110	HNFZ	23	57	97
WW	4	59	93	HNA	14	84	91	SEA	24	26	110
SWA	5	102	126	HNZ	15	88	62	SEZ	25	4	87
SWZ	6	95	132	HB	16	135	93	SA	26	20	66
NWA	7	71	62	TRM	17	192	126	SZ	27	3	52
NWZ	8	181	217	NEA	18	90	16	TB	28	103	38
HM	9	206	249	NEZ	19	103	23	TRW	29	198	63
BM	10	428	329	HFA	20	135	69	<i>U</i>	<i>30</i>	<i>43</i>	<i>28</i>

Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), vlastní úpravy

3.2. Metody

Využitelnost typizace podle Hesse a Brezowského pro určování již zmíněných klimatických prvků na území Evropy byla posuzována pomocí dvouvýběrového Kolmogorovova-Smirnovova testu (dále K-S test). Ten slouží ke srovnání pravděpodobnostních rozdělení dvou náhodných výběrů, a to pomocí konstrukce a srovnání jejich empirických distribučních funkcí. Nulová hypotéza tvrdí, že se tyto distribuční funkce shodují.

Distribuční funkce prvního výběru X je v tomto případě konstruována z n_1 hodnot klimatického prvku při dnech se zvoleným synoptickým typem ve vybraném období, distribuční funkce druhého výběru Y je sestavená z n_2 hodnot stejného klimatického prvku za všechny dny vybraného období, bez ohledu na synoptický typ. Následně se pak vypočítá rozdíl mezi distribučními funkcemi X a Y . Z vypočítaných rozdílů je vybrán maximální rozdíl D_{max} , který je porovnán s kritickou hodnotou D_{kr} , závisící na zvolené hladině významnosti. V této práci je zvolena hladina významnosti $\alpha = 0,05$, což znamená, že hodnota D_{kr} je vypočítána podle vztahu

$$D_{kr} = 1,36 \sqrt{\frac{n_1+n_2}{n_1 \cdot n_2}}.$$

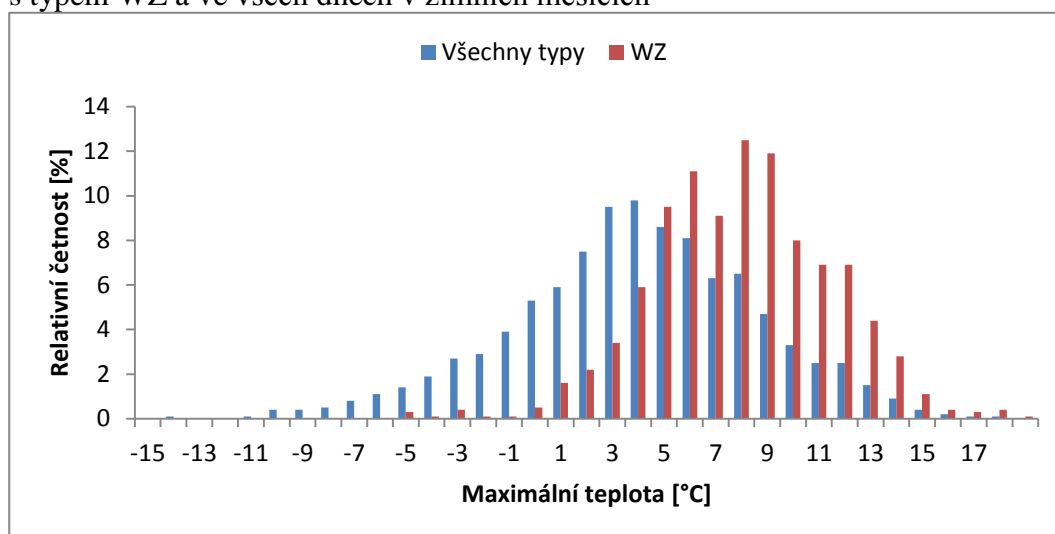
Pokud platí, že $D_{max} > D_{kr}$, nulová hypotéza se zamítá, a s 95% jistotou lze říct, že testované výběry mají odlišné pravděpodobnostní rozdělení.

Pro lepší představu viz Příklad 1 a Příklad 2.

Příklad 1: K-S test pro maximální teplotu v Praze-Klementinu v zimních měsících pro typ WZ
V tomto případě bylo srovnáno pravděpodobnostní rozdělení maximálních teplot v Praze-Klementinu v zimních měsících ve dnech s typem WZ s pravděpodobnostním rozdělením maximálních teplot ve všech dnech v zimních měsících na této stanici bez ohledu na synoptický typ (Graf 2).

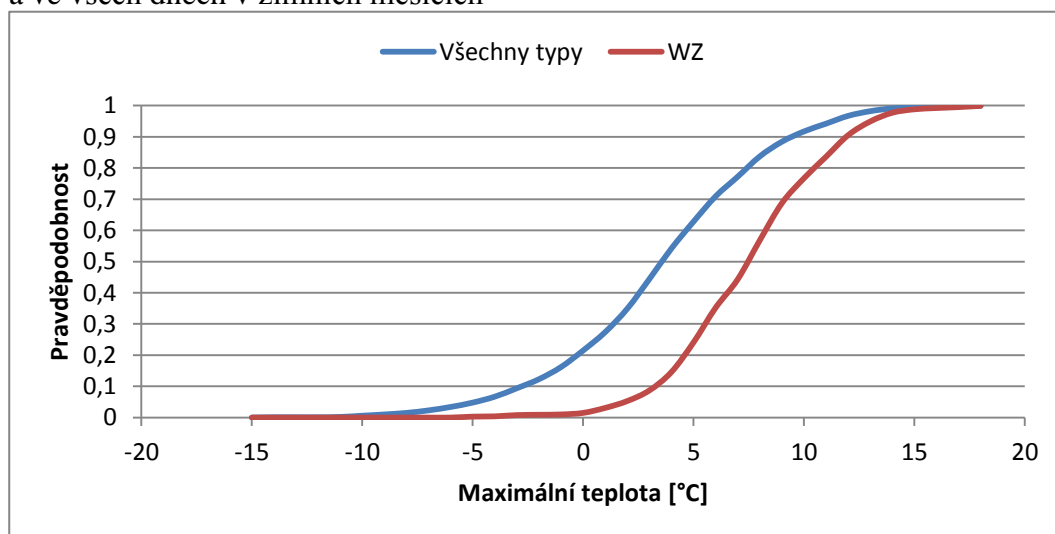
Prvním výběrem byly hodnoty maximální teploty v Praze-Klementinu v zimních měsících v dnech se synoptickým typem WZ (celkem 758 hodnot). Druhým výběrem byly hodnoty maximální teploty v této stanici za všechny dny zimního období bez ohledu na synoptický typ (celkem 3610 hodnot). Pro oba výběry byly sestrojeny distribuční funkce se stejným počtem tříd (Graf 3).

Graf 2: Pravděpodobnostní rozdělení maximálních teplot v zimních měsících ve dnech s typem WZ a ve všech dnech v zimních měsících



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), vlastní výpočty

Graf 3: Distribuční funkce maximálních teplot v zimních měsících ve dnech s typem WZ a ve všech dnech v zimních měsících



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), vlastní výpočty

Následně se vypočítal rozdíl mezi relativní kumulativní četností těchto výběrů pro každou třídu. Největší zaznamenaný rozdíl D_{\max} byl 0,396. D_{kr} byl vypočítán podle vztahu

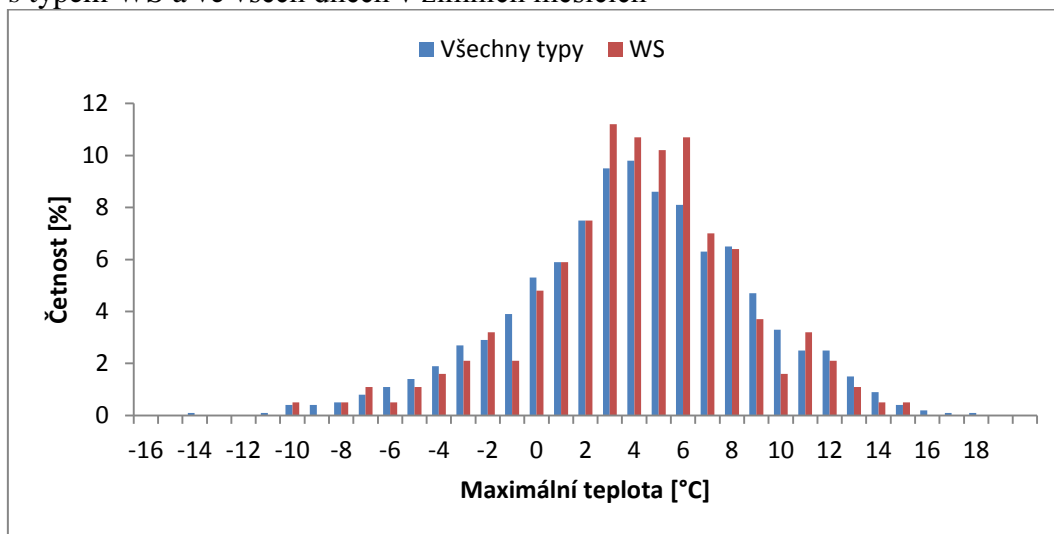
$$D_{kr} = 1,36 \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}} = 1,36 \sqrt{\frac{758 + 3610}{758 \cdot 3610}} = 0,054$$

a jeho hodnota byla nižší, než D_{\max} , čímž došlo na hladině významnosti 0,05 k zamítnutí nulové hypotézy. Lze tedy s 95% jistotou říct, že srovnávané výběry měly odlišná pravděpodobnostní rozdělení. To znamená, že se na této stanici maximální teplota ve dnech se synoptickým typem WZ v zimních měsících chová odlišně než ve dnech bez rozlišení typů.

Příklad 2: K-S test pro maximální teplotu v Praze-Klementinu v zimních měsících pro typ WS

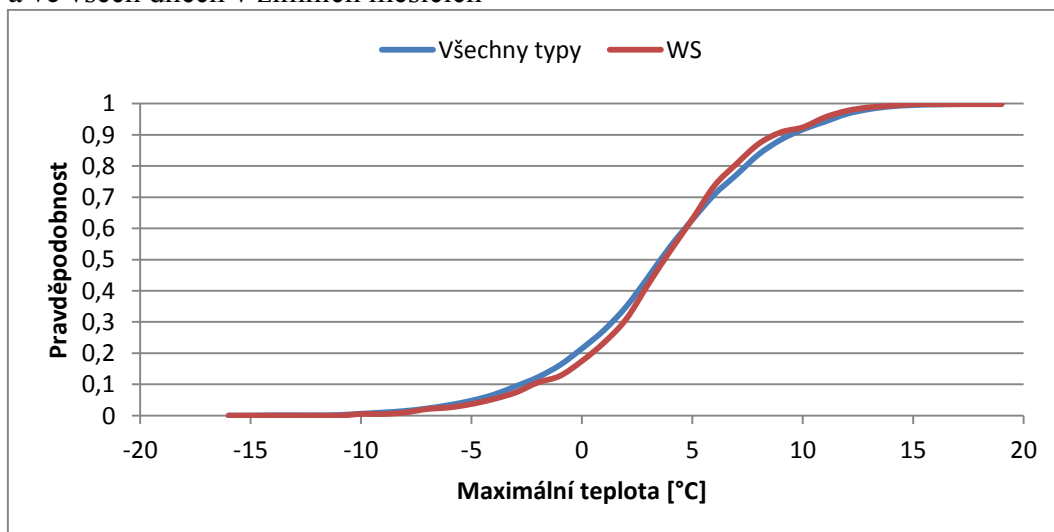
Prvním výběrem byly hodnoty maximální teploty v Praze-Klementinu v zimních měsících ve dnech se synoptickým typem WS (celkem 187 hodnot). Druhým výběrem byly hodnoty maximální teploty v této stanici za všechny dny zimního období bez ohledu na synoptický typ (celkem 3610 hodnot). Pravděpodobnostní rozdělení těchto výběrů je znázorněno v Grafu 4 a jejich distribuční funkce v Grafu 5.

Graf 4: Pravděpodobnostní rozdělení maximálních teplot v zimních měsících ve dnech s typem WS a ve všech dnech v zimních měsících



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), vlastní výpočty

Graf 5: Distribuční funkce maximálních teplot v zimních měsících ve dnech s typem WS a ve všech dnech v zimních měsících



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), vlastní výpočty

Hodnota D_{\max} byla v tomto případě 0,04 a D_{kr} byla 0,10. To znamená, že nedošlo k zamítnutí nulové hypotézy, a pravděpodobnostní rozdělení těchto dvou výběrů se proto na hladině významnosti 0,05 nelišila. Maximální teplota se tedy ve dnech při synoptickém typu WS na této stanici v zimních měsících nechová odlišně od dní bez rozlišení typů.

Tento test byl proveden na všech stanicích pro každý klimatický prvek, pro obě roční období a pro každý typ, kromě typů, které byly pro nedostatečný výskyt vyřazeny, tzn. v letních měsících 25 krát (vyřazeny 4 typy), v zimních měsících 26 krát (vyřazeny 3 typy). Vzhledem k velkému počtu operací byl pro testování použit statistický software R (R Project, 2013). Využitelnost typizace Hesse a Brezowského pro popis daného klimatického prvku na dané stanici byla posuzována podle procenta synoptických typů, které jsou podle K-S testu odlišné od celého souboru. Za stanice s dobře odlišenými synoptickými typy jsou v této práci považovány stanice, na kterých podíl rozlišených typů přesahuje 70 %. Na těchto stanicích je typizace k popisu daného klimatického prvku vhodná.

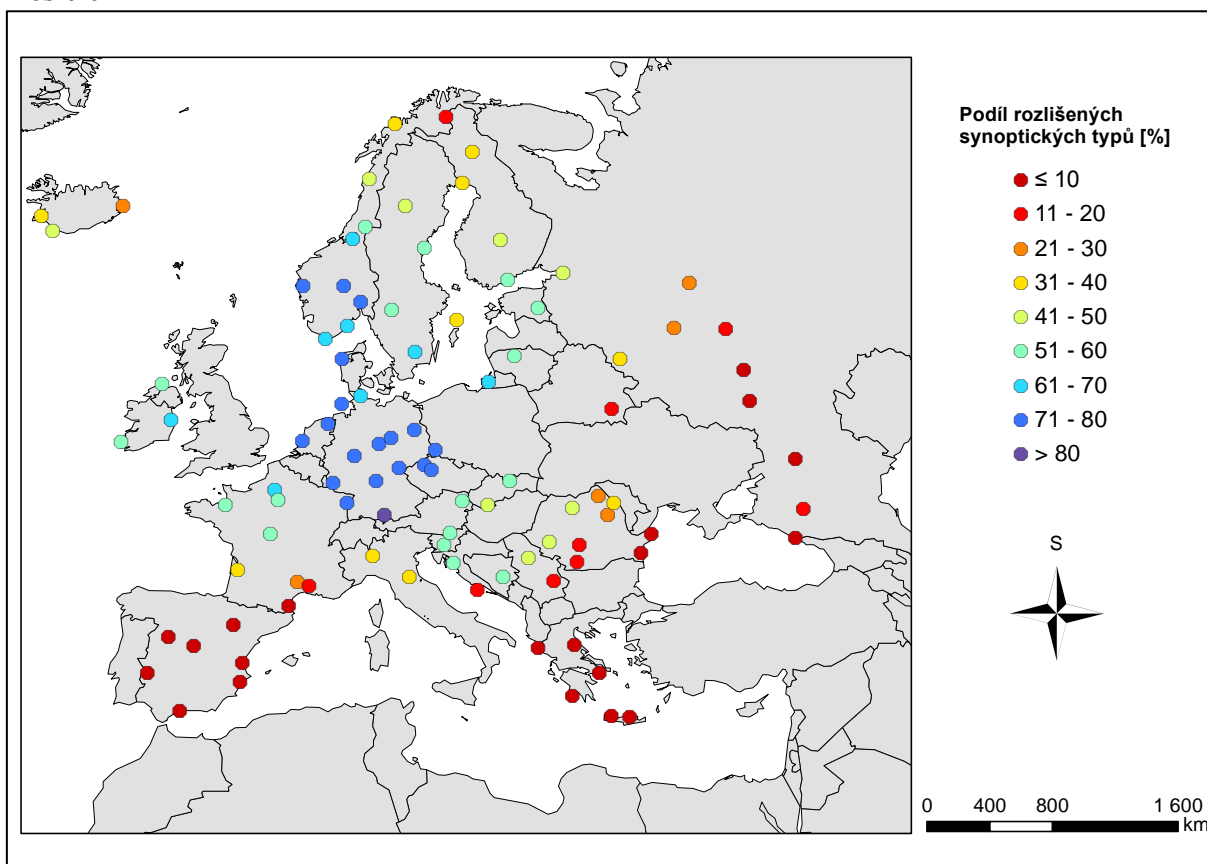
Výsledky byly geograficky znázorněny pomocí GISu na vektorové vrstvě států v zájmovém území (EuroGeographics, 2013).

3.3. Výsledky

V této části práce jsou uvedeny výsledky analýzy pro jednotlivé klimatické prvky a jednotlivá roční období, které jsou pak dále zpracovány. Kromě využitelnosti typizace na území Evropy uvádím i nejlépe a nejhůře rozlišené synoptické typy.

3.3.1. Srážky v letních měsících

Obr. 1: Podíl rozlišených synoptických typů na jednotlivých stanicích pro srážky v letních měsících



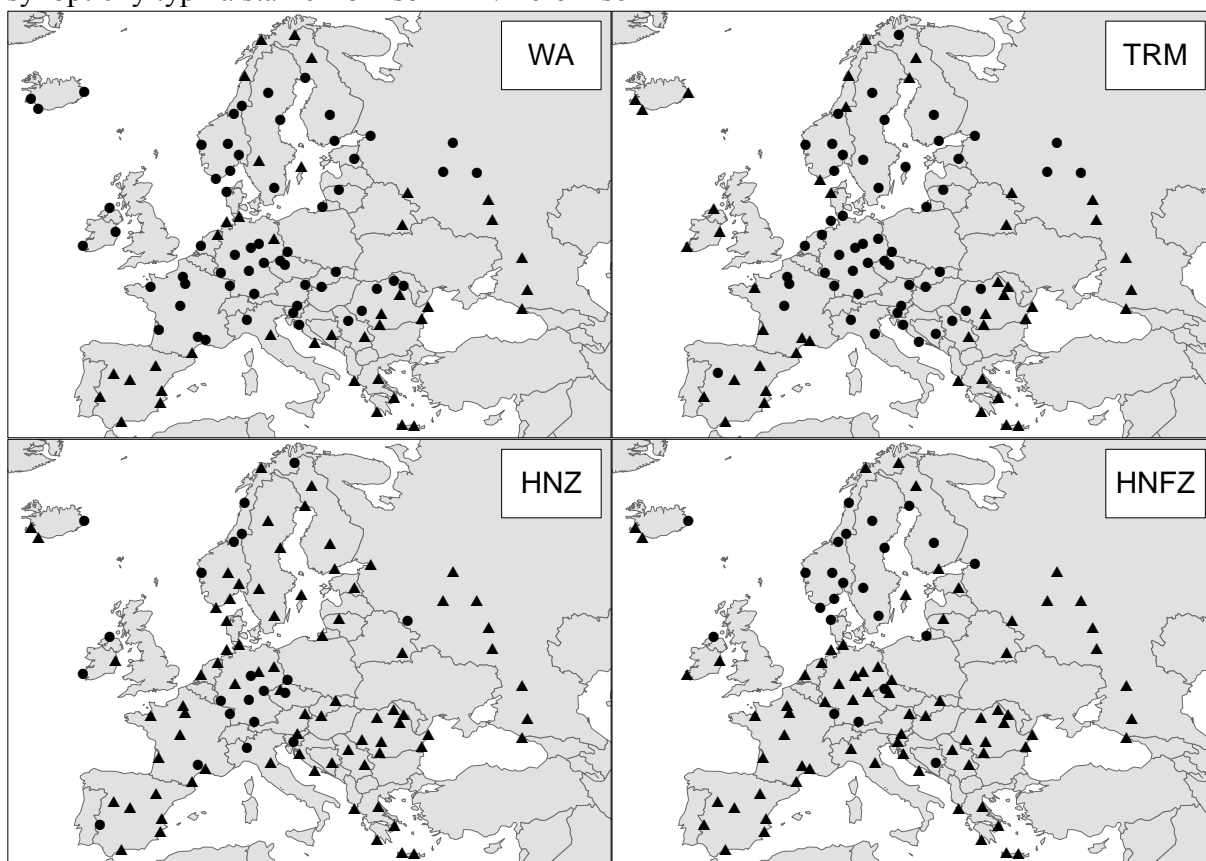
Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), EuroGraphics (2013), vlastní výpočty

Podíl rozlišených synoptických typů na testovaných stanicích pro srážky v letních měsících je vyobrazen na Obr. 1 a rozlišenost či nerozlišenost vybraných synoptických typů na Obr. 2. Nejlépe rozlišeny byly typy WA (na 58 % stanic) a TRM (na 52 % stanic), nejhůře typy HNZ (na 23 % stanic) a HNFZ (na 24 % stanic). Za zmínku stojí dobré rozlišení typu HNFZ na stanicích nacházejících se v oblasti tlakové výše v severní Evropě (viz Obr. 2 a Příloha 10). Synoptické typy jsou dobře rozlišeny na stanicích v Německu, České republice, Dánsku, jižním Norsku a Nizozemsku, kde podíl rozlišených typů přesahuje 70 %. Nejlepšího

výsledku dosáhla stanice v německém Kemptenu (č. 28), kde bylo rozlišeno 88 % typů. Naopak nejnižší podíl rozlišených typů zaznamenaly stanice ve státech se středomořským typem klimatu, kde jsou letní srážkové úhrny minimální, a ve východní Evropě s kontinentálním rázem podnebí. V celkem osmi případech nebyl rozlišen ani jeden typ, a to na španělských stanicích Alicante (č. 90), Malaga (č. 92) a Madrid (č. 91), a na všech řeckých stanicích kromě stanice Larissa (č. 38). Nízký podíl rozlišených typů byl zaznamenán i na severu Skandinávského poloostrova a na Islandu.

Typizace podle Hesse a Brezowského je tedy pro popis srážek v letních měsících na většině území Evropy nevhodná.

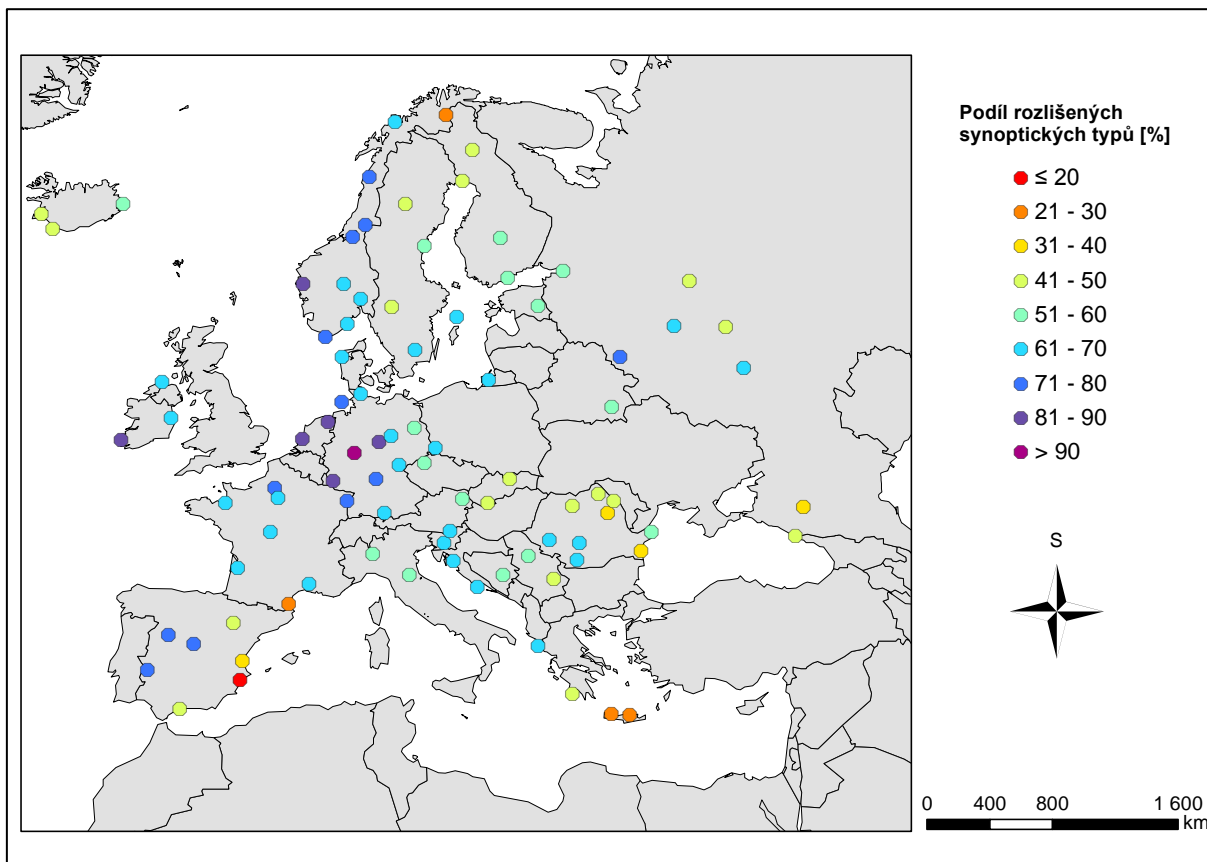
Obr. 2: Výsledky K-S testu při vybraných synoptických typech pro srážky v letních měsících; synoptický typ na stanici rozlišen = ●/ nerozlišen = ▲



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), EuroGraphics (2013), vlastní výpočty

3.3.2. Srážky v zimních měsících

Obr. 3: Podíl rozlišených synoptických typů na jednotlivých stanicích pro srážky v zimních měsících



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), EuroGraphics (2013), vlastní výpočty

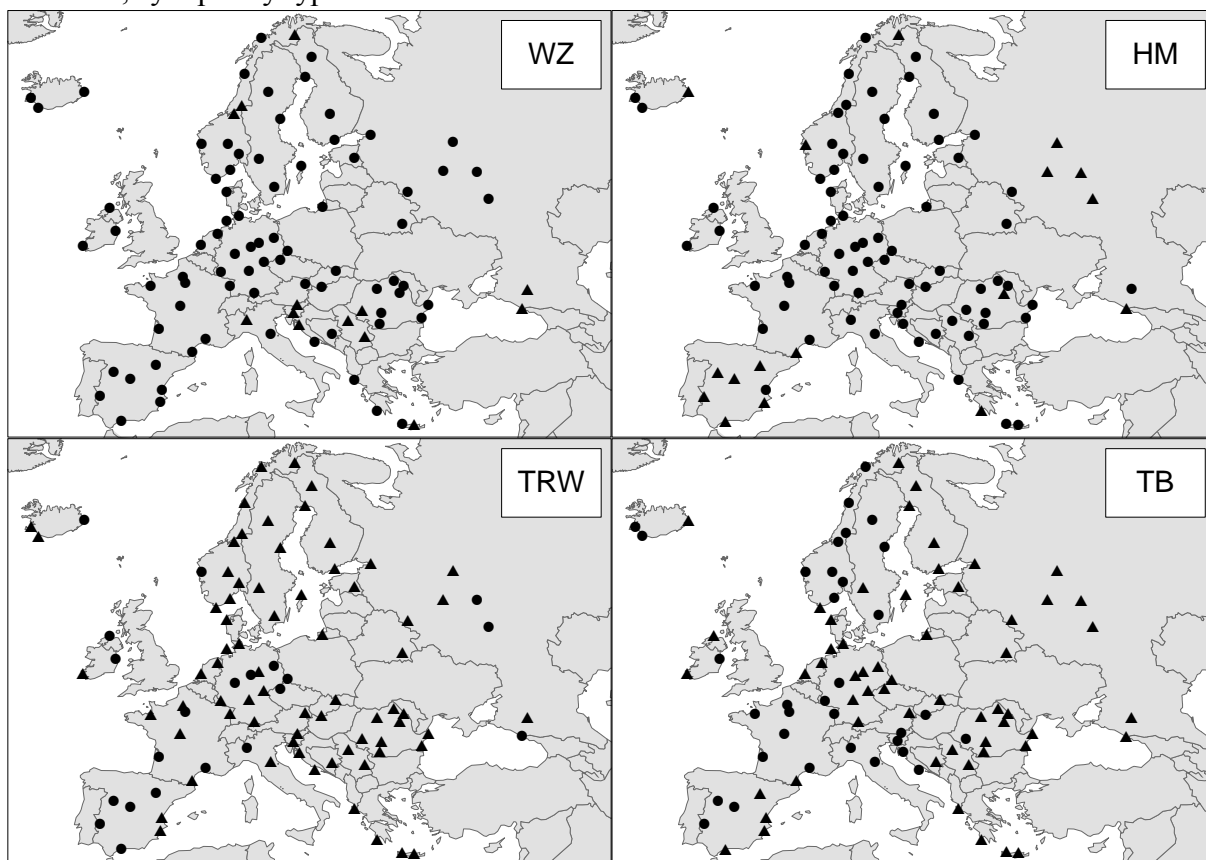
Podíl rozlišených synoptických typů na testovaných stanicích pro srážky v zimních měsících je vyobrazen na Obr. 3 a rozlišenost či nerozlišenost vybraných synoptických typů na Obr. 4. Nejlépe rozlišeny byly typy WZ (na 84 % stanic) a HM (na 82 % stanic). Nejhůře byly rozlišeny typy TRW (na 23 % stanic) a TB (na 35 % stanic), a to i na stanicích ve střední Evropě, na kterou se typizace zaměřuje (Obr. 4).

Využitelnost synoptické typizace podle Hesse a Brezowského pro popis srážek v evropských zemích v zimních měsících je výrazně lepší než u měsíců letních. Stanice, kde byly typy dobře rozlišeny, se nacházejí z velké části v západní Evropě a Norsku. Do této kategorie patří i tři španělské stanice, u nichž byl v letních měsících podíl rozlišených typů pod 10 %, přičemž na stanici v Madridu nebyl v létě rozlišen ani jeden typ. Z toho vyplývá, že využitelnost typizace ve Středomoří sezónně kolísá a souvisí s množstvím srážek. Největší podíl rozlišených typů je v západní části Německa, Nizozemsku a Norsku, nejmenší

při středomořském pobřeží Španělska, na Krétě a na stanici Karasjok v severním Norsku. Nejhorší výsledek byl zaznamenán na španělské stanici Alicante (č. 90, celkem 19 %), nejlepší pak na německé stanici Kahler Asten (č. 27, celkem 96 %).

Synoptická typizace není vhodná pro popis srážek ve východní polovině Evropy, a to jak v letních, tak v zimních měsících. V obou sezónách je naopak využitelná na západě Německa, v Nizozemsku a jižní části Norska.

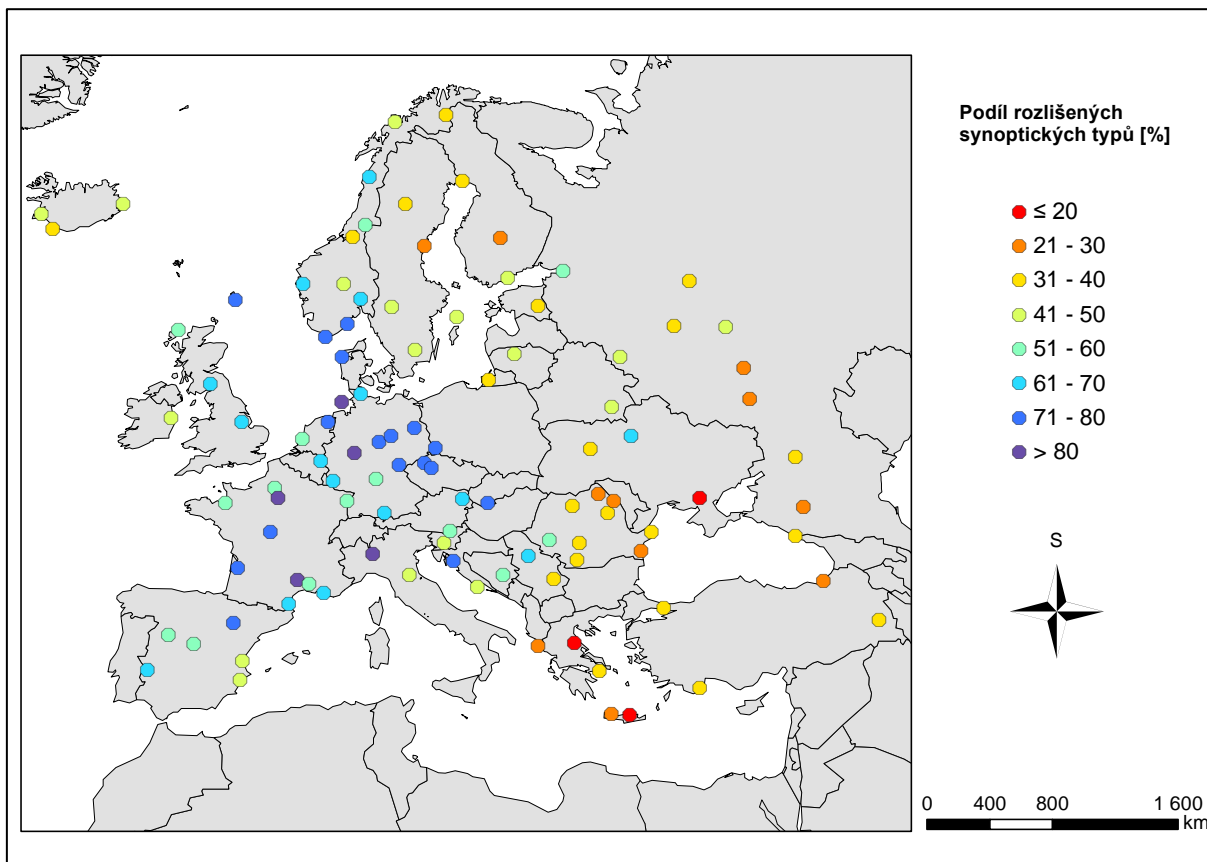
Obr. 4: Výsledky K-S testu při vybraných synoptických typech pro srážky v zimních měsících; synoptický typ na stanici rozlišen = ● / nerozlišen = ▲



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), EuroGraphics (2013), vlastní výpočty

3.3.3. Minimální teploty v letních měsících

Obr. 5: Podíl rozlišených synoptických typů na jednotlivých stanicích pro minimální teploty v letních měsících



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), EuroGraphics (2013), vlastní výpočty

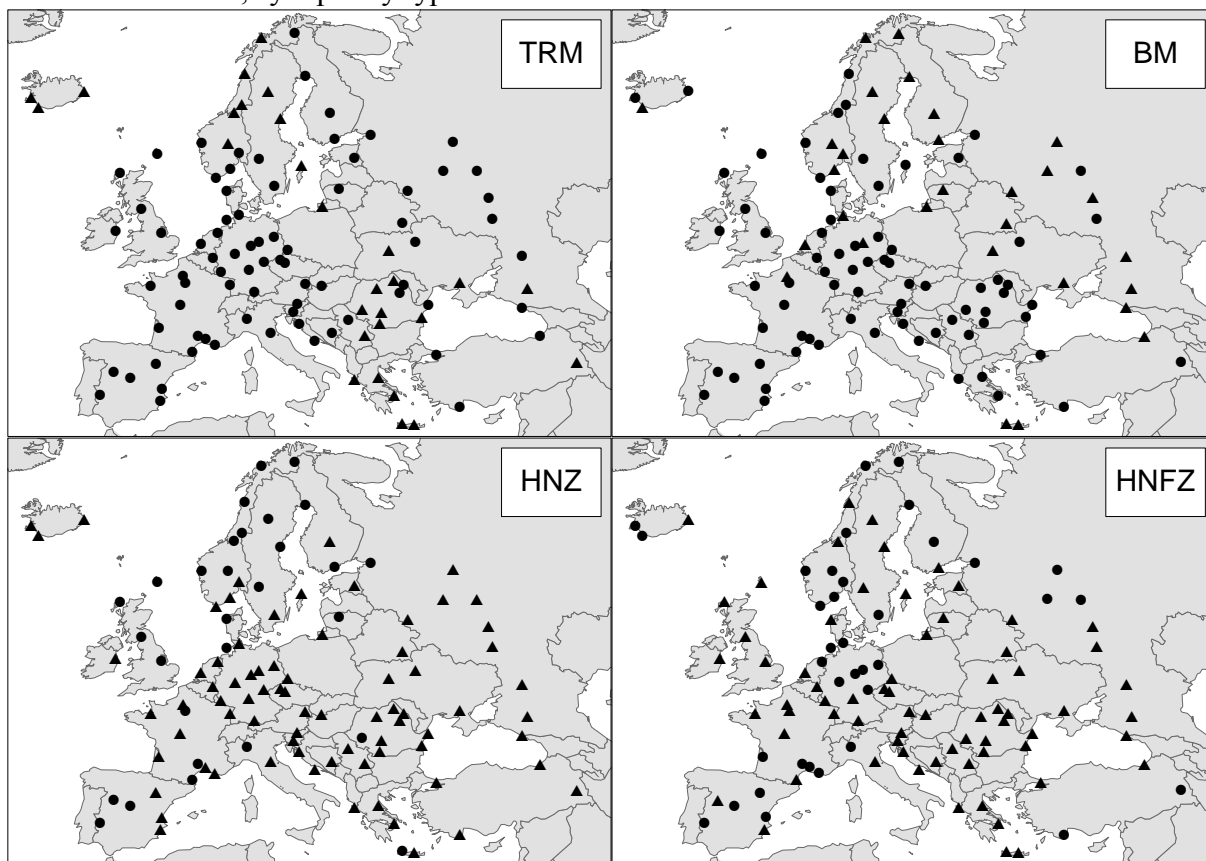
Podíl rozlišených synoptických typů na testovaných stanicích pro minimální teploty v letních měsících je vyobrazen na Obr. 5 a rozlišenost či nerozlišenost vybraných synoptických typů na Obr. 6.

Nejlépe rozlišeny byly typy TRM (na 73 % stanic) a BM (na 71 % stanic). Nejhuře byly rozlišeny stejně jako u srážek v letních měsících typy HNZ (na 28 % stanic) a HNFZ (na 34 % stanic). Stejně jako u srážek je vyšší podíl rozlišených synoptických typů v západní polovině Evropy, na stanicích ve východní polovině jsou podíly nízké; toto rozdělení platí i pro Středomoří. Nejvyšší podíl rozlišených typů zaznamenaly stanice v Paříži (č. 114) a na ostrově Helgoland (č. 25, obě shodně po 88 %), nejnižší podíl byl na řecké stanici Korfu (č. 36) a ukrajinské stanici Askanija Nova (č. 106, shodně po 16 %).

Využitelnost typizace k popisu minimální teploty v letních měsících se výrazně liší nejen v rámci kontinentu, kdy je pro východní polovinu Evropy nevhodná, ale i v rámci

západní Evropy, kde se podíly rozlišených typů u sousedních stanic liší až od desítky procent. K popisu minimální teploty se typizace nehodí ani na většině Skandinávského poloostrova a na Islandu.

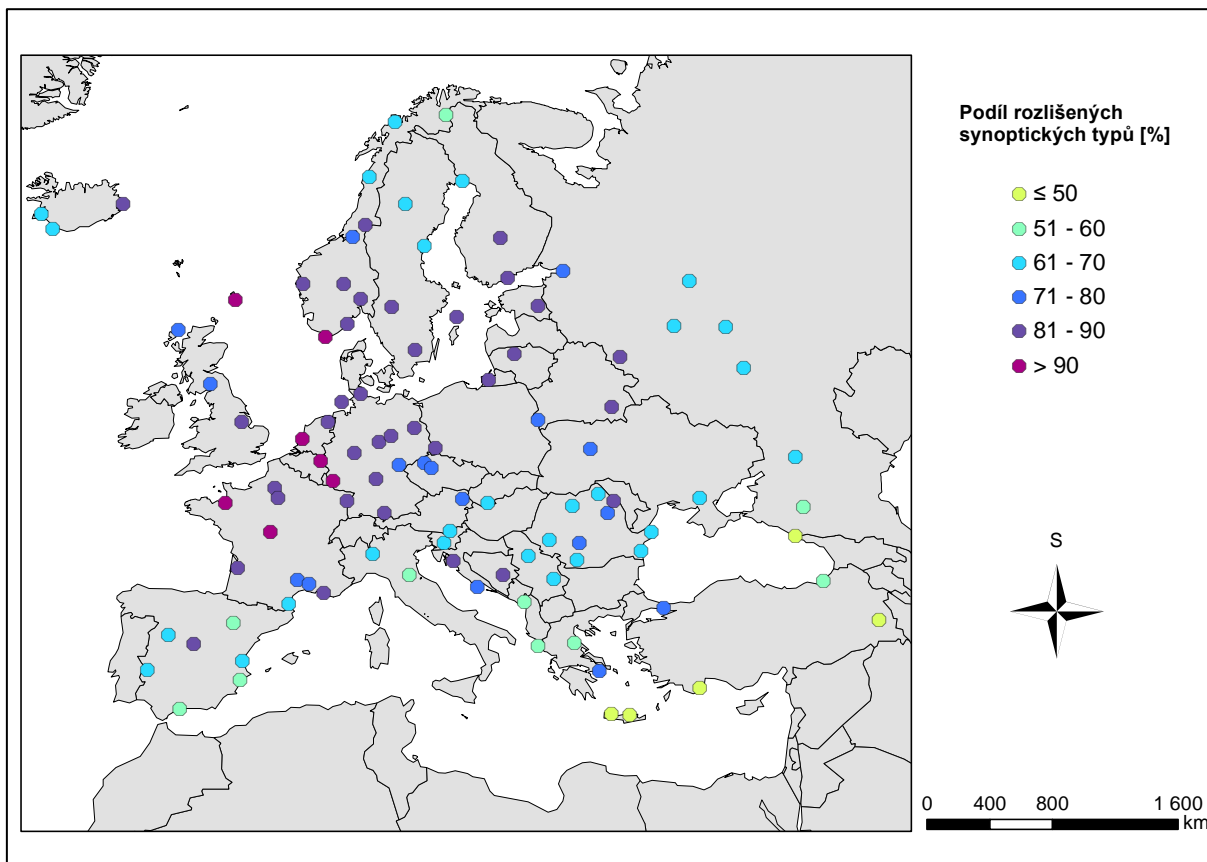
Obr. 6: Výsledky K-S testu při vybraných synoptických typech pro minimální teploty v letních měsících; synoptický typ na stanici rozlišen = ●/ nerozlišen = ▲



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), EuroGraphics (2013), vlastní výpočty

3.3.4. Minimální teploty v zimních měsících

Obr. 7: Podíl rozlišených synoptických typů na jednotlivých stanicích pro minimální teploty v zimních měsících



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), EuroGraphics (2013), vlastní výpočty

Podíl rozlišených synoptických typů na testovaných stanicích pro minimální teploty v zimních měsících je vyobrazen na Obr. 7 a rozlišenost či nerozlišenost vybraných synoptických typů na Obr. 8.

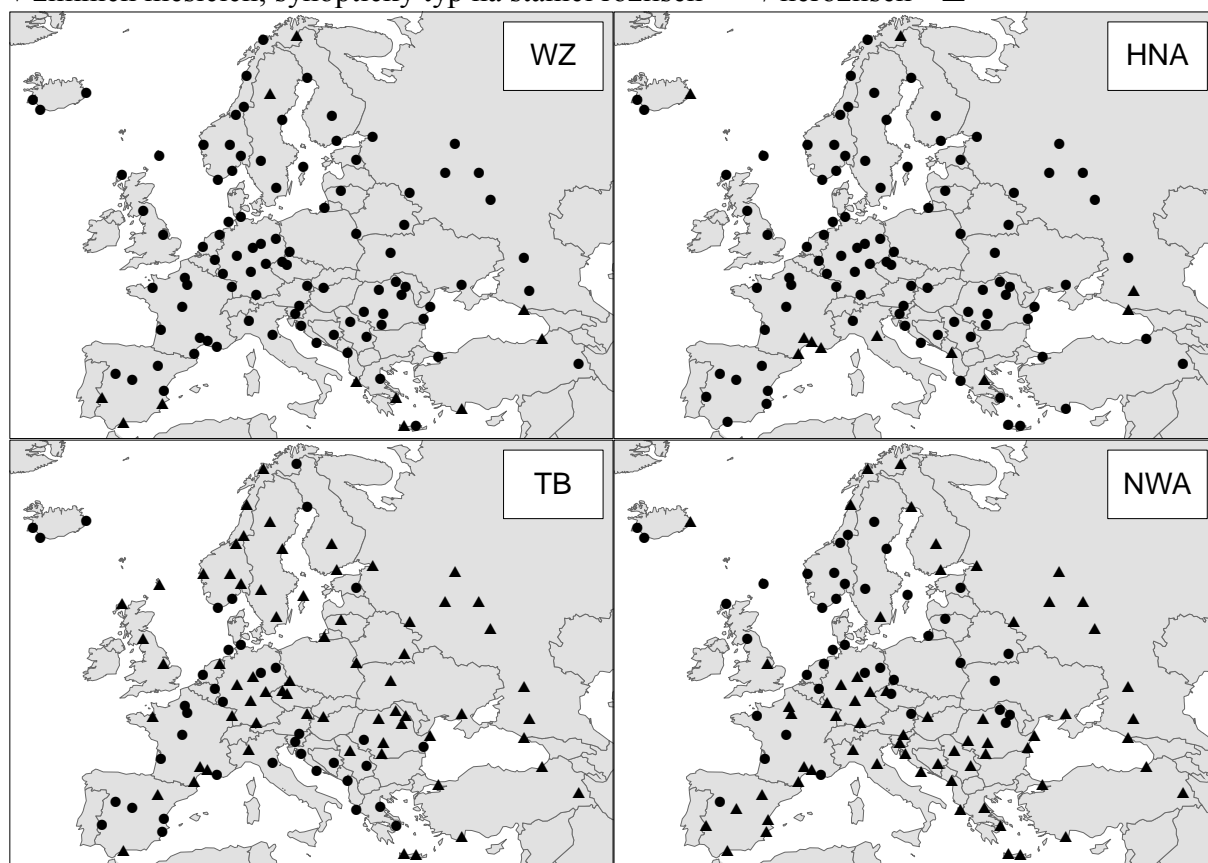
Nejlépe rozlišeny byly typy WZ (na 89 % stanic) a HNA (na 89 % stanic), nejhůře typy TB (na 37 % stanic) a NWA (na 38 % stanic). Typ TB byl překvapivě rozlišen na mnoha stanicích v jižní Evropě a na Balkáně (Obr. 8), tedy v oblastech, kde byly v tomto období zaznamenány nejnižší podíly rozlišených synoptických typů (Obr. 7). Typizace je vhodná k popisu minimální teploty v zimních měsících na většině území Evropy, kromě její středomořské, balkánské a ruské části. Využitelnost roste od jihovýchodu k severozápadu.

Stanice s nejvyššími podíly rozlišených synoptických typů se nacházejí opět v Německu, jižním Norsku a Nizozemsku, mimořádně dobré výsledky byly ale zaznamenány i na stanicích ve Francii, Velké Británii a severovýchodní Evropě vyjma Ruska. Nejnižší

podíly rozlišených synoptických typů jsou již tradičně na stanicích ve Středomoří, na Balkáně, v Rusku a severní Skandinávii, ovšem i zde se nacházejí stanice, na kterých je podíl rozlišených typů více než 70%. Nejlepší výsledek byl zaznamenán na nizozemské stanici Valkenburg (č. 53) a norské stanici Lindesnes (č. 58, shodně po 96 %), naopak nejnižší na obou krétských stanicích (č. 35 a 37, shodně 46 %).

Oproti létu došlo na stanicích na po celé Evropě, obzvlášť pak v její východní části, k nárůstu podílu rozlišených typů, a tedy i ke zvýšení vhodnosti typizace pro popis minimální teploty vzduchu.

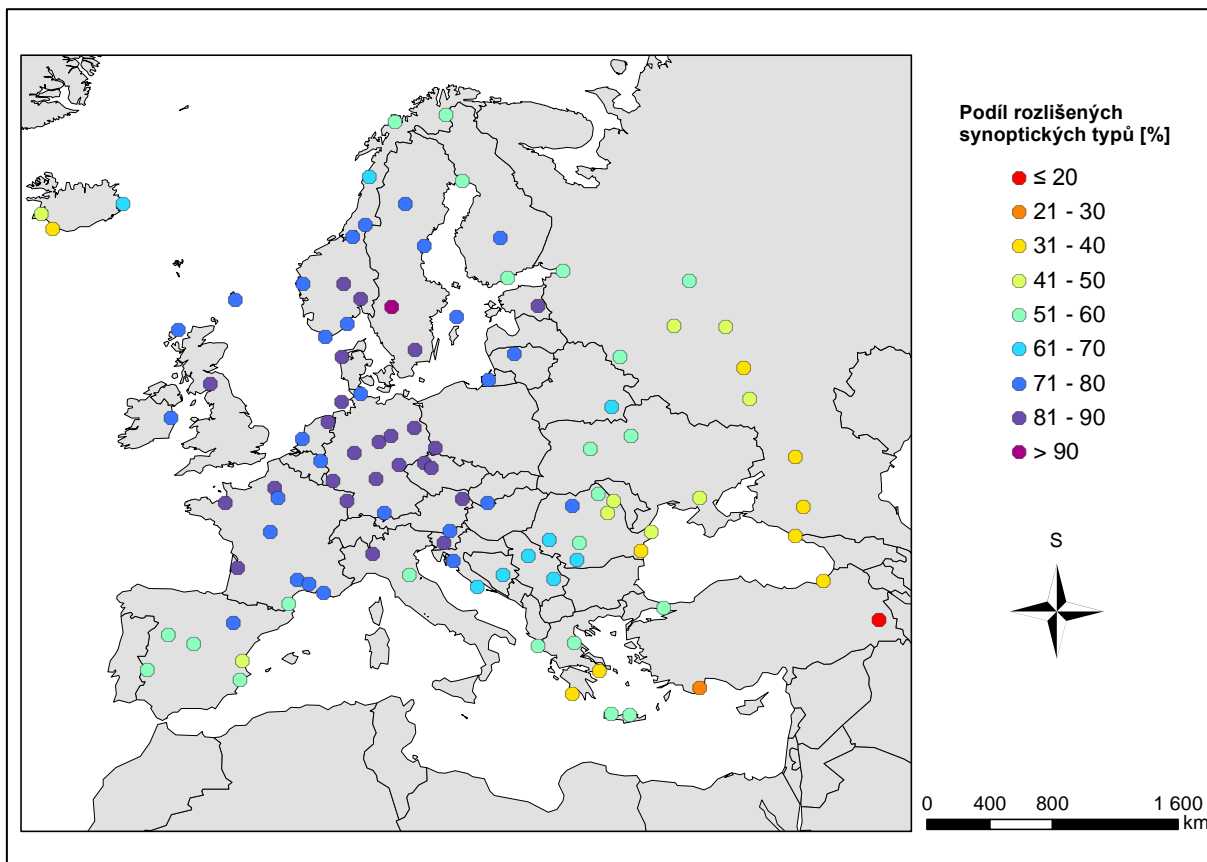
Obr. 8: Výsledky K-S testu při vybraných synoptických typech pro minimální teploty v zimních měsících; synoptický typ na stanici rozlišen = ●/ nerozlišen = ▲



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), EuroGraphics (2013), vlastní výpočty

3.3.5. Maximální teploty v letních měsících

Obr. 9: Podíl rozlišených synoptických typů na jednotlivých stanicích pro maximální teploty v letních měsících



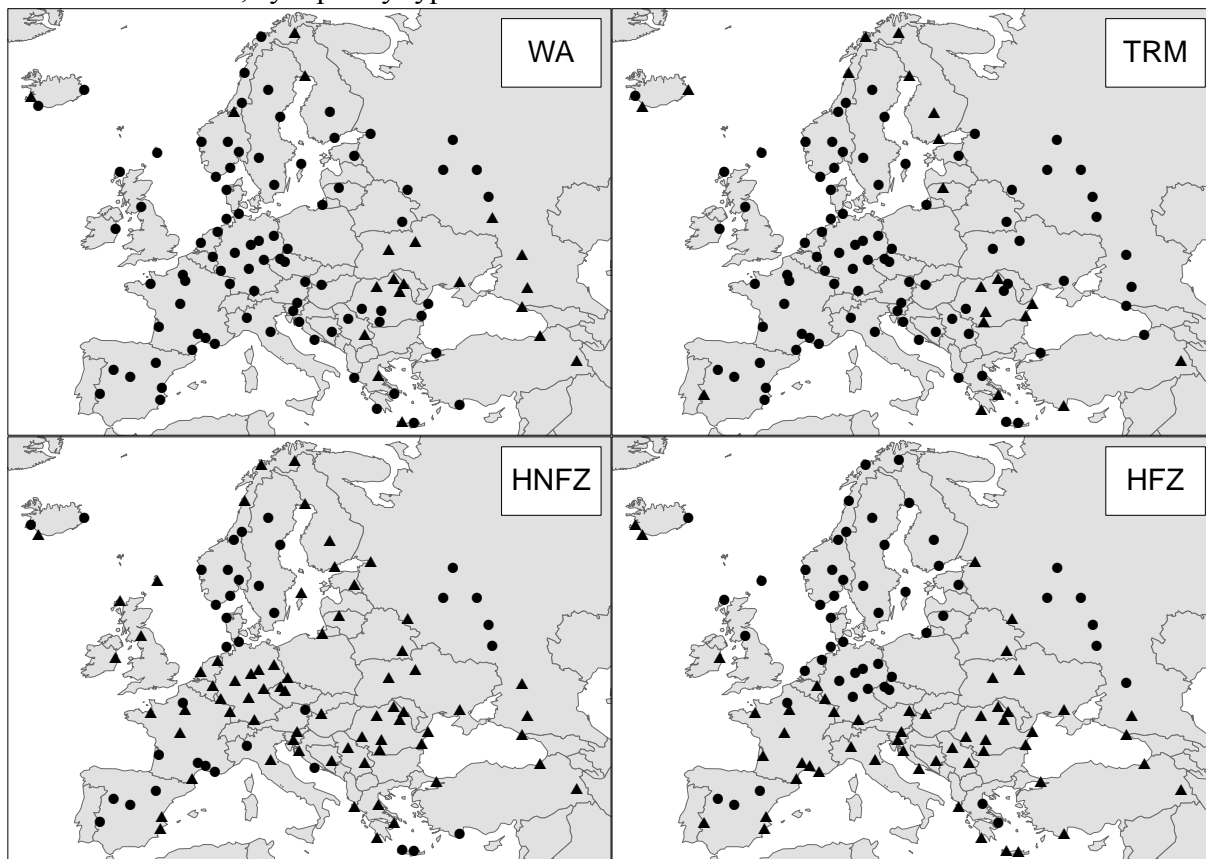
Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), EuroGraphics (2013), vlastní výpočty

Podíl rozlišených synoptických typů na testovaných stanicích pro maximální teploty v letních měsících je vyobrazen na Obr. 9 a rozlišenost či nerozlišenost vybraných synoptických typů na Obr. 10.

Nejlépe rozlišeny byly typy WA (na 81 % stanic) a TRM (na 81 % stanic). Nejhůře byl stejně jako u srážek a minimálních teplot v letním období rozlišen typ HNFZ (na 34 % stanic) a jemu příbuzný typ HFZ (na 49 % stanic). Synoptické typy jsou dobře rozlišeny na většině území západní, severní a střední Evropy. Nejnížší podíly rozlišených typů byly zaznamenány ve středomořských a balkánských státech, ve východní Evropě, na severu Skandinávského poloostrova a na Islandu. Nejlepší výsledek byl zaznamenán na stanici Karlstad ve Švédsku (č. 99, celkem 96 %), nejhorší na turecké stanici Van (č. 105, celkem 20 %).

Typizace je k popisu maximální teploty v letních měsících vhodná v západní, severní a střední Evropě. Využitelnost více méně klesá s rostoucí vzdáleností od Německa.

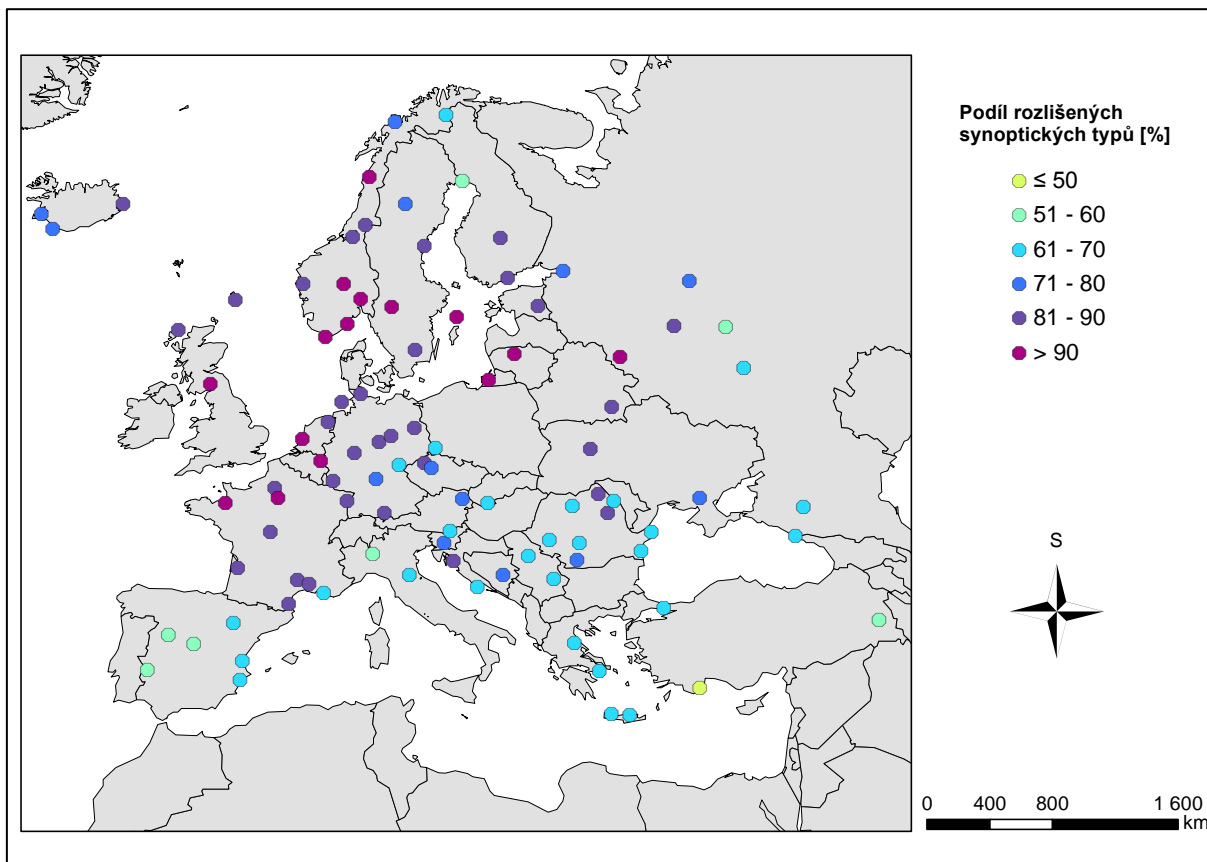
Obr. 10: Výsledky K-S testu při vybraných synoptických typech pro maximální teploty v letních měsících; synoptický typ na stanici rozlišen = ● / nerozlišen = ▲



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), EuroGraphics (2013), vlastní výpočty

3.3.6. Maximální teploty v zimních měsících

Obr. 11: Podíl rozlišených synoptických typů na jednotlivých stanicích pro maximální teploty v zimních měsících



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), EuroGraphics (2013), vlastní výpočty

Podíl rozlišených synoptických typů na testovaných stanicích pro maximální teploty v zimních měsících je vyobrazen na Obr. 11 a rozlišenost či nerozlišenost vybraných synoptických typů na Obr. 12.

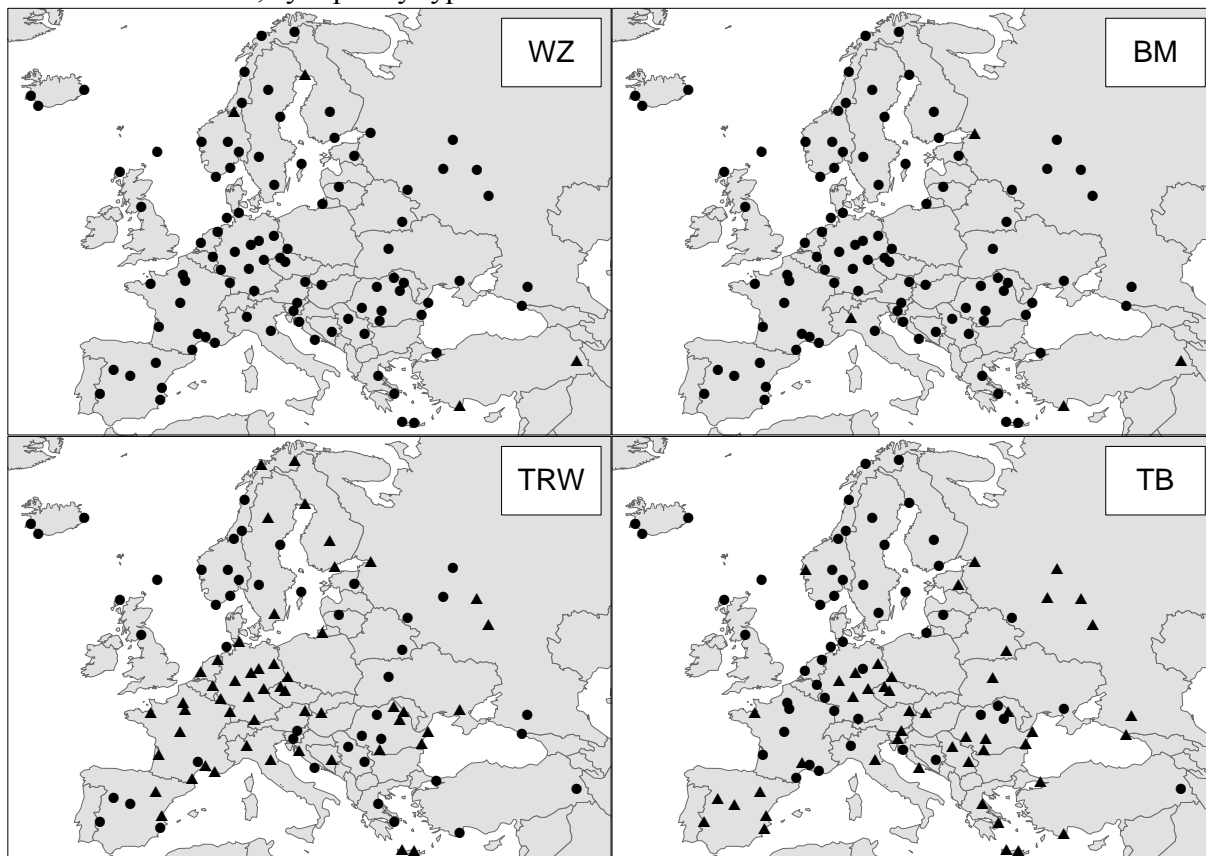
Nejlépe rozlišeny byly typy WZ (na 96 % stanic) a BM (na 96 % stanic). V obou případech nebyly zmíněné typy rozlišeny jen na čtyřech stanicích, z čehož dvě se nacházejí v Turecku (Obr. 12). Nejhůře rozlišeny byly podobně jako v předchozích případech u zimních měsíců typy TRW (na 46 % stanic) a TB (na 52 % stanic).

V zimních měsících je typizace Hesse a Brezowského vhodným nástrojem pro popis minimální teploty vzduchu ve většině západní, střední, severní a severovýchodní Evropy. Nejnížší podíly rozlišených typů jsou jako u ostatních prvků na stanicích ve Středomoří, na Balkáně a v Rusku, přičemž na většině z nich bylo rozlišeno víc než 60 % synoptických typů, což je poměrně dobrý výsledek. Nejnížší podíl rozlišených typů byl na turecké stanici

Finike (č. 102, celkem 42 %), nejvyšší podíl, a to 96 %, byl zaznamenán na stanicích Siauliai v Litvě (č. 49), Valkenburg v Nizozemsku (č. 53), Lindesnes (č. 58) a Lyngor (č. 59) v Norsku, Karlstad ve Švédsku (č. 99) a Eskdalemuir ve Velké Británii (č. 109).

V obou sezónách lze typizaci k popisu maximální teploty vzduchu použít ve většině západní, severní a střední Evropy.

Obr. 12: Výsledky K-S testu při vybraných synoptických typech pro maximální teploty v zimních měsících; synoptický typ na stanici rozlišen = ●/ nerozlišen = ▲



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), EuroGraphics (2013), vlastní výpočty

3.3.7. Využitelnost pro všechny prvky

Přehled rozlišenosti všech synoptických typů je v Tab. 3.

Tab. 3: Přehled rozlišenosti synoptických typů pro všechny prvky a obě období; proškrtnuté jsou výsledky ovlivněné vynecháním typu v jednom z období

Synoptický typ	Číslo typu	Podíl stanic, na kterých byl typ rozlišen [%]									
		Srážky		Tmin		Tmax		Průměr léto	Průměr zima	Rozdíl zima-léto	Celkový průměr
		léto	zima	léto	zima	léto	zima				
WA	1	58	75	60	88	81	86	66	83	17	75
HM	9	49	82	66	87	77	81	64	83	19	74
BM	10	50	66	71	84	78	96	66	82	16	74
WZ	2	51	84	51	89	62	96	55	90	35	72
TRM	17	52	60	73	81	81	87	69	76	7	72
NWZ	8	50	69	59	82	80	79	63	77	14	70
HFA	20	49	67	56	82	77	85	61	78	17	69
NZ	13	38	55	70	84	80	86	63	75	12	69
SWZ	6	44	56	66	83	75	84	62	74	12	68
WS	3	39	69	59	88	64	82	54	80	26	67
HNA	14	33	69	37	89	59	80	43	79	36	61
HNFA	22	42	51	60	63	70	74	57	63	6	60
HB	16	51	49	50	63	62	69	54	60	6	57
TM	11	39	38	38	72	68	81	48	64	16	56
WW	4	26	56	43	80	49	74	39	70	31	55
SWA	5	32	55	36	73	60	75	43	68	25	55
HNFZ	23	24	61	34	80	34	89	31	77	46	54
HNZ	15	23	45	28	79	64	84	38	69	31	54
HFZ	21	26	47	47	65	49	77	41	63	22	52
TB	28	40	35	61	37	75	52	59	41	-18	50
TRW	29	50	23	54	40	72	46	59	36	-23	48
NWA	7	29	47	42	38	55	57	42	47	5	45
SEA	24	---	68	---	81	---	91	---	80	---	---
SA	26	---	79	---	79	---	69	---	76	---	---
SEZ	25	---	60	---	72	---	76	---	69	---	---
NA	12	32	---	70	---	72	---	58	---	---	---
SZ	27	---	45	---	58	---	54	---	52	---	---
NEA	18	45	---	39	---	68	---	51	---	---	---
NEZ	19	50	---	34	---	58	---	47	---	---	---

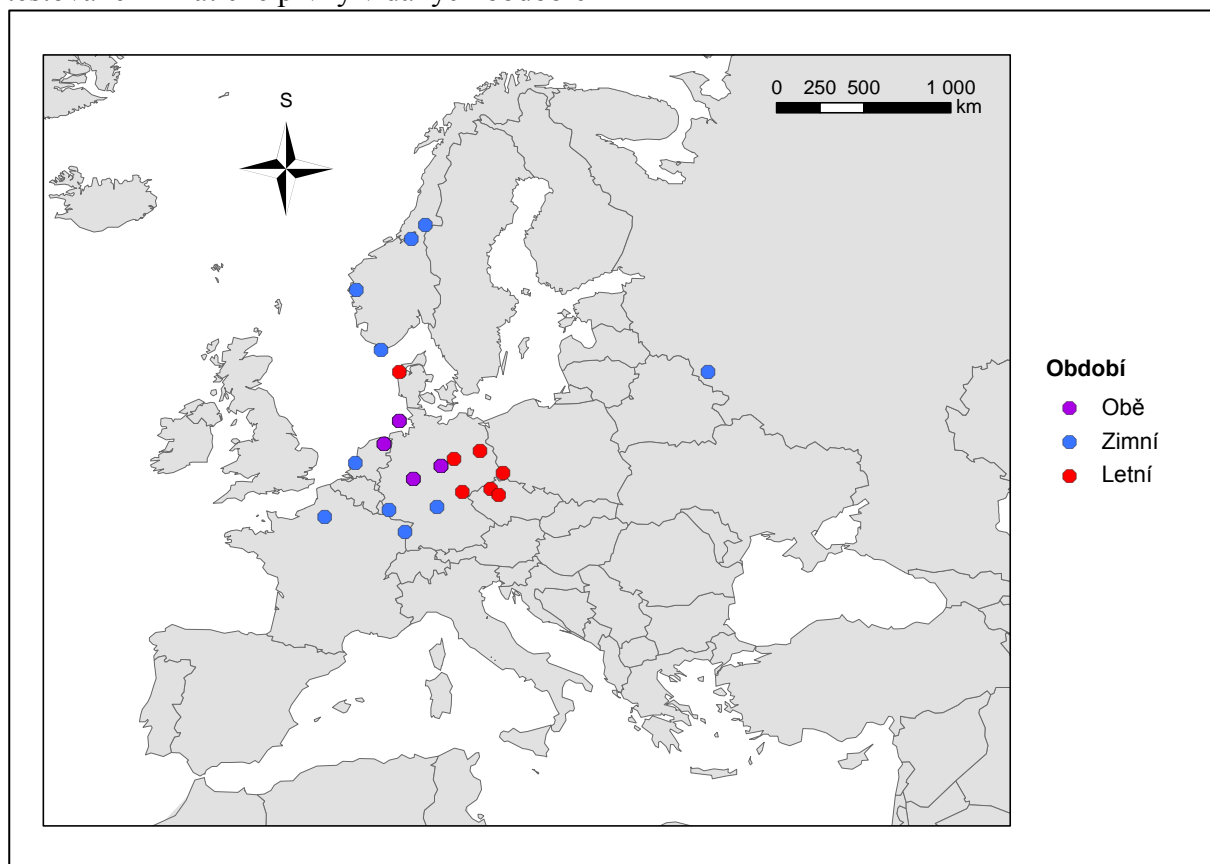
Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), vlastní výpočty

V letních měsících byly nejlépe rozlišitelnými synoptickými typy TRM, WA a BM (za toto období byly průměrně rozlišeny na 69, 66 a 66 % stanic), nejhůře na tom byly typy HNFZ, HNZ a WW (průměrně rozlišeny na 31, 38 a 39 % stanic). To může souviset s četností výskytů typů; čím víc se typ vyskytuje, tím větší je šance, že dojde při stejném rozdílu distribučních funkcí k zamítnutí nulové hypotézy.

V zimních měsících byly nejlépe rozlišeny typy WZ, WA a BM (v průměru na 90, 83 a 83 % stanic), a nejhůře typy TRW, TB a NWA (v průměru na 36, 41 a 47 % stanic). Celkově nejlépe rozlišitelnými synoptickými typy byly typy WA, HM a BM (v průměru na 75, 74 a 74 % stanic), zatímco vůbec celkově nejhůře rozlišitelnými typy byly (pokud

neberu v úvahu synoptické typy, které byly pro nedostatek výskytů v jednotlivých obdobích vynechány) typy NWA, TRW a TB (v průměru byly rozlišeny na 45, 48 a 50 % stanic). U naprosté většiny typů došlo v zimním období k nárůstu rozlišitelnosti, s výjimkou typů TRW a TB. Největší rozdíl mezi rozlišitelností v letním a zimním období (opět za předpokladu, že neberu v úvahu synoptické typy, které byly v jednom období pro nedostatek výskytů vynechány) byl u typu HNFZ (v zimě stoupl podíl stanic, na kterých byl rozlišen, o 46 %).

Obr. 13: Stanice s více než 70% podílem rozlišených synoptických typů pro všechny testované klimatické prvky v daných obdobích

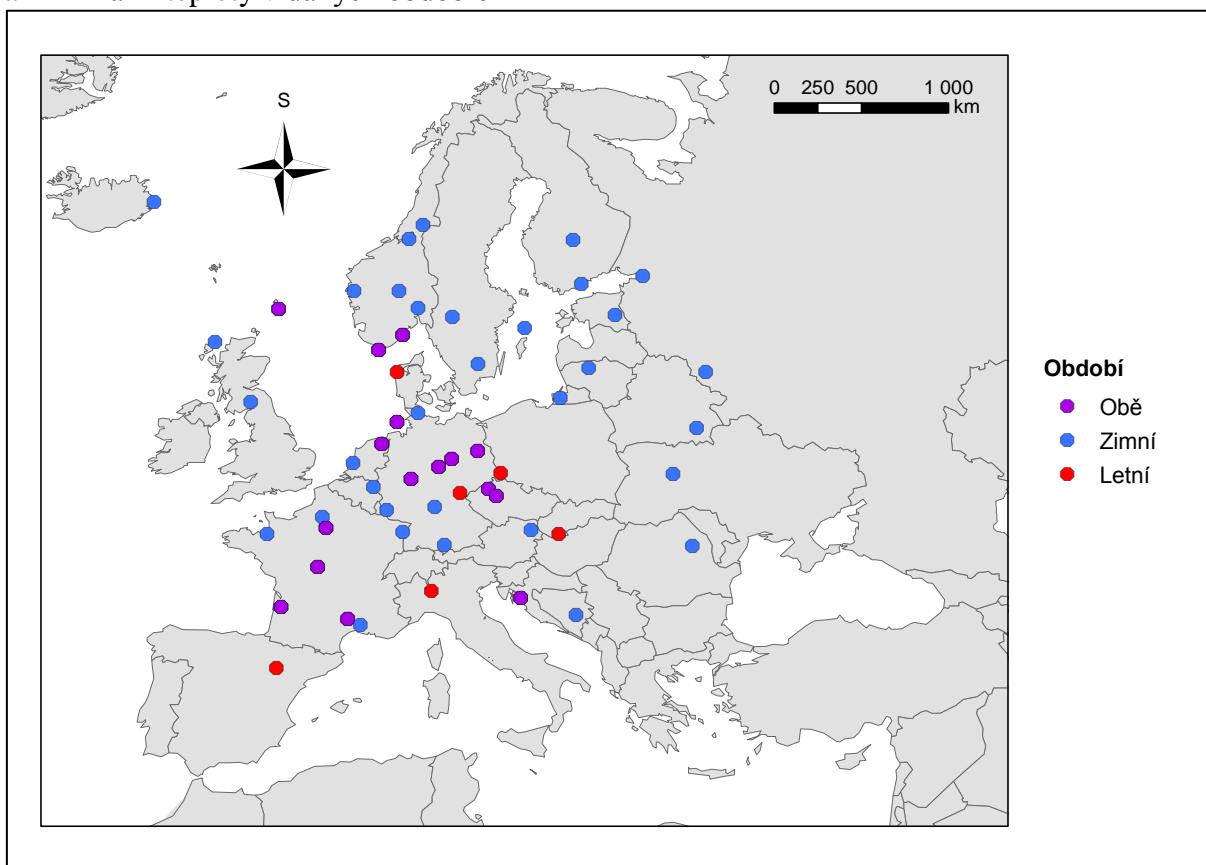


Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), EuroGraphics (2013), vlastní výpočty

K popisu všech prvků v obou sezónách je synoptická typizace Hesse a Brezowského vhodná (rozlišeno víc než 70 % synoptických typů) na celkem 4 stanicích, a to na stanici Brocken (č. 23), Helgoland (č. 25) a Kahler Asten (č. 27) v Německu a Eelde (č. 50) v Nizozemsku (Obr. 13).

Pro popis všech prvků v zimních měsících je typizace vhodná pro většinu Německa, Nizozemsko a jižní Norsko. Do této kategorie poněkud překvapivě spadá i ruská stanice Smolensk (č. 80). Její izolovanost od zbytku zobrazených stanic se dá vysvětlit řidší sítí analyzovaných stanic ve východní Evropě (např. v Polsku nejsou žádné); u některých z okolních stanic navíc nebyly z důvodu nekompletních časových řad analyzovány srážky. V letních měsících je oblast, kde je typizace vhodným nástrojem pro popis všech klimatických prvků, posunutá oproti zimnímu období na jihovýchod. Spadají do ní i obě testované české stanice.

Obr. 14: Stanice s více než 70% podílem rozlišených synoptických typů pro maximální a minimální teploty v daných obdobích



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010), ECA&D (2013b), EuroGraphics (2013), vlastní výpočty

Oblast, ve které je typizace využitelná k popisu minimálních a maximálních teplot, je výrazně větší než v případě všech zkoumaných prvků (viz Obr. 14). Zahrnuje další stanice v západní a střední Evropě, včetně obou českých stanic. V letním období je typizace vhodná k popisu minimální a maximální teploty ve velké části západní a střední Evropy. Nejlepší

výsledek byl zaznamenán v zimním období, kdy se oblast, ve které je typizace vhodná k popisu minimálních a maximálních teplot, rozšířila i do severní a východní Evropy.

Obecně se dá říct, že vhodnost typizace Hesse a Brezowského pro popis klimatických prvků klesá se vzrůstající vzdáleností od Německa a že je pro tento účel vhodnější v zimních měsících.

3.4. Diskuze

Horší rozlišitelnost synoptických typů v letních měsících je způsobena sníženým vlivem atmosférické cirkulace na projev přízemních klimatických prvků, obzvláště teploty, v tomto období (Ustrnul, 2006). Hlavním klimatickým faktorem ovlivňujícím počasí v letních měsících je v Evropě sluneční záření, v zimních měsících naopak převládá vliv atmosférické cirkulace, což vede k lepší využitelnosti typizace k popisu klimatických prvků v tomto období.

Velmi špatná využitelnost typizace Hesse a Brezowského pro popis klimatických prvků ve Středomoří a ve východní Evropě souvisí s velkou vzdáleností (a odlišnými klimatickými podmínkami) těchto oblastí od Německa, pro které byla tato typizace primárně zkonstruována, a byla zaznamenána i v jiných studiích (Huth, 2010; Casado et al., 2010).

Z výsledků vyplývá, že využitelnost typizace pro popis teploty vzduchu je lepší než pro popis srážek (a to i v oblastech mimo Středomoří, kde nefunkčnost typizace výrazně souvisí s nízkými srážkovými úhrny). To je způsobeno větší závislostí výskytu srážek i srážkových úhrnů na lokálních vlivech, jako jsou například orografie a místní cirkulace, které synoptické typizace navržené pro velké geografické oblasti nedokážou tak dobře rozlišit (Tveito, 2010; Kostopoulou, 2007). Přestože i teplota vzduchu je do jisté míry závislá na místních podmínkách, například její proměnlivost stoupá s rostoucí konkávností terénu (Ustrnul, 2006), je typizace Hesse a Brezowského pro její popis na rozdíl od srážek ve velké části Evropy vhodným nástrojem.

V této práci byly hodnoty daných klimatických prvků při jednotlivých synoptických typech srovnávány s jejich hodnotami za všechny dny v daném období. Pro zpřesnění výsledků by se dalo srovnat rozdělení jednotlivých klimatických prvků i mezi jednotlivými typy navzájem. Jak totiž prokázal Tveito (2010) ve studii, srovnávající pomocí K-S testu využitelnost klasifikací shromážděných v katalogu COST733 pro popis srážek v Norsku, existují případy, kdy jsou distribuční funkce jednotlivých typů dobře rozlišené od zbytku dat, nikoliv však od jiných synoptických typů. To se týká obzvláště klasifikací s nižším počtem typů; naopak nejlépe rozlišené typy měly klasifikace s vyšším počtem typů, při jejichž

definici se navíc přihlíží k výškovým polím. Do této kategorie spadá i typizace Hesse a Brezowského a lze tedy předpokládat, že by se využitelnost i při uvažování této mezitypové podobnosti nijak výrazně nezhoršila.

Zajímavé by bylo provést tento výzkum na větším počtu stanic (lepší pokrytí by si zasloužila především východní Evropa) a pro jiné prvky s dostatečně dlouhou časovou řadou. Z výsledných hodnot by se dal interpolací vytvořit rastr, zobrazující (alespoň přibližně) využitelnost typizace na celém území Evropy.

4. Závěr

V této práci byla zkoumána využitelnost typizace Hesse a Brezowského pro popis přízemních klimatických prvků, a to jak ve smyslu různých možností jejího využití, tak ve smyslu vhodnosti jejího využití pro popis těchto prvků v různých částech Evropy.

Častým předmětem zkoumání byla souvislost výskytu nebo délky trvání jednotlivých cirkulačních typů s výskytem extrémních teplot, nebo srážkových úhrnů vedoucích k povodňovým situacím. Tyto studie byly zaměřeny na konkrétní regiony (Kyselý, 2007; Kyselý et al., 2003), ale i na celý kontinent (Kyselý, 2008; Cony, 2010). Cirkulační klasifikace, a to včetně typizace Hesse a Brezowského, přitom zpravidla nefungují v různých lokalitách stejně spolehlivě. Míra schopnosti jednotlivých klasifikací dobře popsat klimatické prvky v různých zájmových územích často slouží jako kritérium pro srovnání těchto klasifikací navzájem. Z těchto studií vyplývá, že typizace Hesse a Brezowského v některých oblastech, například ve střední Evropě, funguje dobře (Huth, 2010; Ustrnul et al., 2010), v jiných, například ve Středomoří, naopak selhává (Casado et al., 2010). Bylo tedy na místě pokusit se zjistit, ve kterých evropských oblastech se typizace k popisu klimatických prvků hodí a ve kterých ne.

Z výsledků analýzy vyplývá, že pro popis zkoumaných klimatických prvků je typizace vhodná především v Německu a jeho okolí, tedy na území, pro které typizace vznikla (Gerstengarbe a Werner, 2010). Se vzrůstající vzdáleností od Německa vhodnost typizace pro popis klimatických prvků klesá. Oblast, ve které je typizace využitelná k popisu minimálních a maximálních teplot, je výrazně větší a zahrnuje i jiné stanice v západní a střední Evropě. Nejméně vhodná je typizace k popisu všech klimatických prvků ve Středomoří, východní Evropě a na severu Skandinávského poloostrova. Ve většině případů se dá říct, že s postupem na jihovýchod od Německa využitelnost typizace klesá.

Velmi špatná využitelnost typizace pro popis klimatických prvků ve Středomoří a ve východní Evropě souvisí s velkou vzdáleností (a odlišnými klimatickými podmínkami) těchto oblastí od Německa, pro které byla tato typizace primárně zkonstruována (Casado et al., 2010).

Menší vhodnost k popisu srážek je způsobena větší závislostí tohoto prvku na lokálních vlivech, jako jsou například orografie a místní cirkulace, které synoptické typizace navržené pro velké geografické oblasti nedokážou tak dobře rozlišit (Tveito, 2010; Kostopoulou, 2007).

U všech prvků byla oblast, ve které byla typizace vhodná k jejich popisu, větší v zimních měsících než v měsících letních. Horší rozlišitelnost synoptických typů v letních měsících je způsobena sníženým vlivem atmosférické cirkulace na přízemní klimatické prvky v tomto období (Ustrnul, 2006).

Tento výzkum by se dal zpřesnit, pokud by se prováděl na větším počtu stanic (lepší pokrytí by si zasloužila především východní Evropa) a pokud by se testovala i podobnost pravděpodobnostních rozložení klimatických prvků mezi jednotlivými typy navzájem. Analýza by se navíc dala rozšířit i o jiné klimatické prvky s dostatečně dlouhou časovou řadou. Existuje zde tedy prostor pro další výzkum.

Seznam použité literatury

BRÁDKA, J., DŘEVIKOVSKÝ, A., GREGOR, Z., KOLESÁM, J. (1961): Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích. Hydrometeorologický ústav, Praha, 126 s.

BUISHAND, T., BRANDSMA, T. (1997): Comparison of circulation classification schemes for predicting temperature and precipitation in the Netherlands. *International Journal of Climatology*, 17(8), s. 875-889.

CASADO, M. J., PASTOR, M. A., DOBLAS-REYES, F. J. (2010): Links between circulation types and precipitation over Spain. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(9), s. 437-447.

CONY, M., MARTIN, L., HERNANDEZ, E., DEL TESO, T. (2010): Synoptic patterns that contribute to extremely hot days in Europe. *Atmósfera*, 23(4), s. 295-306.

ČEKAL, R. (2007): Analýza atmosférických příčin povodní na případu povodí horní Ohře. In: *Povodně a změny v krajině*. Edit. J. Langhammer. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha, s. 113–121.

DITTMANN, E. (2007): Foreword. In: *Proceedings from the 5th annual meeting of the European Meteorological Society, Session AW8 Weather types classifications*, Utrecht, s. 9-15.

GERSTENGARBE, F.-W., WERNER, P. C. (2010): Katalog der Großwetterlagen Europas 1881-2009 nach P. Hess und H. Brezowsky. 7. vydání, Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam, 138 s.

HAYLOCK, M. R., HOFSTRA, N., KLEIN TANK, A. M. G., KLOK, E. J. et al. (2008): A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. *Journal of Geophysical Research*, 113, D20119. 12 s.

HLADNÝ, J., BLAŽEK, V., DVOŘÁK, V., KUBÁT, J. (1998): Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997. Souhrnná zpráva projektu. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha. 163 s.

HUTH, R. (1996): An intercomparison of computer-assisted circulation classification methods. *International Journal of Climatology*, 16, s. 893-922.

HUTH, R. (2010): Synoptic-climatological applicability of circulation classifications from the COST733 collection: first results. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(9), s. 388-394.

HUTH, R., USTRNUL, Z., DITTMANN, E., BISSOLLI, P. et al. (2007): Inventory of circulation classification methods and their applications in Europe within the COST 733 action. In: *Proceedings from the 5th annual meeting of the European Meteorological Society, Session AW8 Weather types classifications*, Utrecht, s. 9-15.

- HUTH, R., BECK, C., PHILIPP, A., DEMUZERE, M. et al. (2008): Classifications of atmospheric circulation patterns. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1146(1), s. 105-152.
- JAMES, P. M. (2007): An objective classification method for Hess and Brezowsky Grosswetterlagen over Europe. *Theoretical and Applied Climatology*, 88(1-2), s. 17-42.
- KLEIN TANK, A. M. G., WIJNGAARD, J. B., KÖNNEN, G. P., BÖHM, R. et al. (2002): Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *International Journal of Climatology*, 22(12), s. 1441-1453.
- KLOK, E. J., KLEIN TANK, A. M. G. (2009): Updated and extended European dataset of daily climate observations. *International Journal of Climatology*, 29, s. 1182-1191.
- KOSTOPOULOU, E., JONES, P. D. (2007): Comprehensive analysis of the climate variability in the eastern Mediterranean. Part II: relationships between atmospheric circulation patterns and surface climatic elements. *International Journal of Climatology*, 27(10), s. 1351-1371.
- KREIENKAMP, F., SPEKAT, A., ENKE, W. (2010): A robust method to identify cyclone tracks from gridded data. *Advances in Science and Research*, 4(1), s. 105-114.
- KŘIVANCOVÁ, S., VAVRUŠKA, F. (1997): Základní meteorologické prvky v jednotlivých povětrnostních situacích na území České republiky v období 1961-1990. Český hydrometeorologický ústav. 114 s.
- KYSELÝ, J. (2007): Implications of enhanced persistence of atmospheric circulation for the occurrence and severity of temperature extremes. *International Journal of Climatology*, 27(5), s. 689-695.
- KYSELÝ, J. (2008): Influence of the persistence of circulation patterns on warm and cold temperature anomalies in Europe: analysis over the 20th century. *Global and Planetary Change*, 62(1), s. 147-163.
- KYSELÝ, J., KAKOS, V., HUTH, R., BUCHTELE, J. (2003): Atmosférická cirkulace a povodňové situace na Vltavě. In: Bioklimatologické pracovní dni. Funkcia energetickej a vodnej bilancie v bioklimatických systémoch [internet], Račková dolina, 5 s. Dostupné z: <http://www.cbks.cz/>
- O'HARE, G., SWEENEY, J. (1993): Lamb's circulation types and British weather: an evaluation. *Geography*, 78(1), s. 43-60.
- PHILIPP, A., BARTHOLY, J., BECK, C., ERPICUM, M. et al. (2010): Cost733cat—A database of weather and circulation type classifications. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(9), s. 360-373.
- TVEITO, O. E. (2010): An assessment of circulation type classifications for precipitation distribution in Norway. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(9), s. 395-402.

TWARDOSZ, R. (2007): Diurnal variation of precipitation frequency in the warm half of the year according to circulation types in Kraków, South Poland. *Theoretical and Applied Climatology*, 89(3-4), s. 229-238.

TWARDOSZ, R., NIEDŹWIEDŹ, T. (2001): Influence of synoptic situations on the precipitation in Kraków (Poland). *International Journal of Climatology*, 21(4), s. 467-481.

USTRNUL, Z. (2006): Spatial differentiation of air temperature in Poland using circulation types and GIS. *International Journal of Climatology*, 26(11), s. 1529-1546.

USTRNUL, Z., CZEKIERDA, D., WYPYCH, A. (2010): Extreme values of air temperature in Poland according to different atmospheric circulation classifications. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(9), s. 429-436.

Seznam ostatních zdrojů

ČHMÚ (2013): Typizace povětrnostních situací [online]. [cit. 27. 7. 2013].

Dostupné z:

http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_12_Typizace_situaci&last=false

ECA&D (2013a): Number of stations per year [online]. [cit. 2. 7. 2013].

Dostupné z: <http://eca.knmi.nl/dailydata/shownumberstations.php>

ECA&D (2013b): Predefined files in ASCII [online]. [cit. 25. 3. 2013].

Dostupné z: <http://eca.knmi.nl/dailydata/predefinedseries.php>

EuroGeographics (2013): Administrative units and Statistical units [online]. [cit. 27. 6. 2013].

Dostupné z:

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/gisco_Geographical_information_maps/pops/references/administrative_units_statistical_units_1

R-project (2013): The R Project for Statistical Computing [online]. [cit. 10. 8. 2013].

Dostupné z: <http://www.r-project.org/>

Seznam tabulek

Tab. 1: Rozdělení synoptických typů podle směru proudění

Tab. 2: Četnost výskytu synoptických typů v jednotlivých obdobích v letech 1961 – 2000

Tab. 3: Přehled rozlišenosti synoptických typů pro všechny prvky a období; kurzívou jsou označeny výsledky ovlivněné vynecháním typu v jednom z období

Seznam grafů

Graf 1: Počet stanic měřící vybrané klimatické prvky v jednotlivých letech

Graf 2: Pravděpodobnostní rozdělení maximálních teplot v zimních měsících ve dnech s typem WZ a ve všech dnech v zimních měsících

Graf 3: Distribuční funkce maximálních teplot v zimních měsících ve dnech s typem WZ a ve všech dnech v zimních měsících

Graf 4: Pravděpodobnostní rozdělení maximálních teplot v zimních měsících ve dnech s typem WS a ve všech dnech v zimních měsících

Graf 5: Distribuční funkce maximálních teplot v zimních měsících ve dnech s typem WS a ve všech dnech v zimních měsících

Seznam obrázků

Obr. 1: Podíl rozlišených synoptických typů na jednotlivých stanicích pro srážky v letních měsících

Obr. 2: Výsledky K-S testu při vybraných synoptických typech pro srážky v letních měsících; synoptický typ na stanici rozlišen = ●/ nerozlišen = ▲

Obr. 3: Podíl rozlišených synoptických typů na jednotlivých stanicích pro srážky v zimních měsících

Obr. 4: Výsledky K-S testu při vybraných synoptických typech pro srážky v zimních měsících; synoptický typ na stanici rozlišen = ●/ nerozlišen = ▲

Obr. 5: Podíl rozlišených synoptických typů na jednotlivých stanicích pro minimální teploty v letních měsících

Obr. 6: Výsledky K-S testu při vybraných synoptických typech pro minimální teploty v letních měsících; synoptický typ na stanici rozlišen = ●/ nerozlišen = ▲

Obr. 7: Podíl rozlišených synoptických typů na jednotlivých stanicích pro minimální teploty v zimních měsících

Obr. 8: Výsledky K-S testu při vybraných synoptických typech pro minimální teploty v zimních měsících; synoptický typ na stanici rozlišen = ●/ nerozlišen = ▲

Obr. 9: Podíl rozlišených synoptických typů na jednotlivých stanicích pro maximální teploty v letních měsících

Obr. 10: Výsledky K-S testu při vybraných synoptických typech pro maximální teploty v letních měsících; synoptický typ na stanici rozlišen = ●/ nerozlišen = ▲

Obr. 11: Podíl rozlišených synoptických typů na jednotlivých stanicích pro maximální teploty v zimních měsících

Obr. 12: Výsledky K-S testu při vybraných synoptických typech pro maximální teploty v zimních měsících; synoptický typ na stanici rozlišen = ●/ nerozlišen = ▲

Obr. 13: Stanice s více než 70% podílem rozlišených synoptických typů pro všechny testované klimatické prvky v daných obdobích

Obr. 14: Stanice s více než 70% podílem rozlišených synoptických typů pro maximální a minimální teploty v daných obdobích

Seznam příloh

Příloha 1: Rozmístění stanic použitých v analýze

Příloha 2: Seznam stanic použitých v analýze; o = vybraný prvek je pro dané období analyzován; x = vybraný prvek analyzován není

Příloha 3: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (WA, WZ, WS)

Příloha 4: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (WW, SWA, SWZ)

Příloha 5: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (NWA, NWZ, HM)

Příloha 6: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (BM, TM, NA)

Příloha 7: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (NZ, HNA, HNZ)

Příloha 8: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (HB, TRM, NEA)

Příloha 9: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (NEZ, HFA, HFZ)

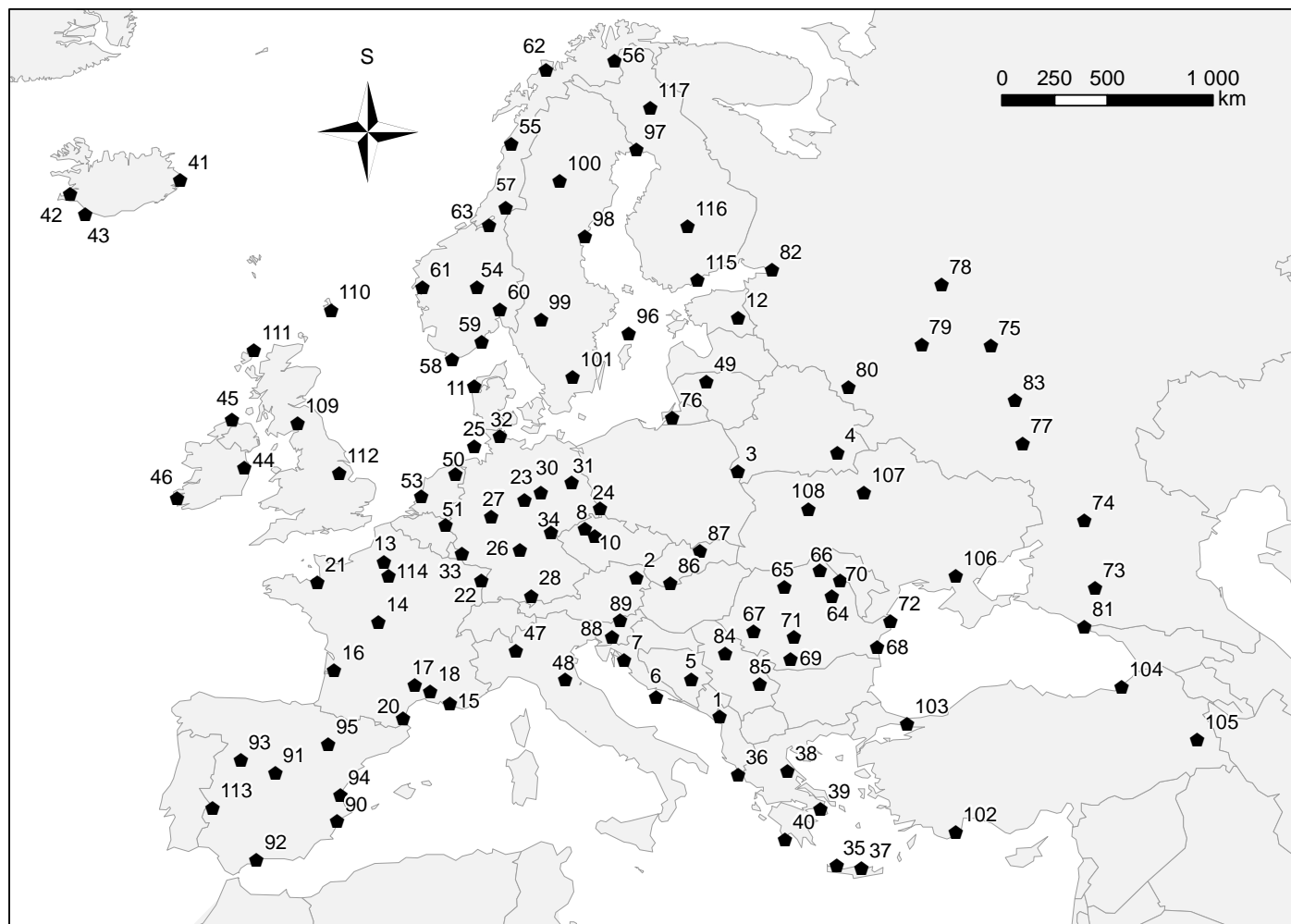
Příloha 10: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (HNFA, HNFZ, SEA)

Příloha 11: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (SEZ, SA, SZ)

Příloha 12: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (TB, TRW)

Přílohy

Příloha 1: Rozmístění stanic použitých v analýze

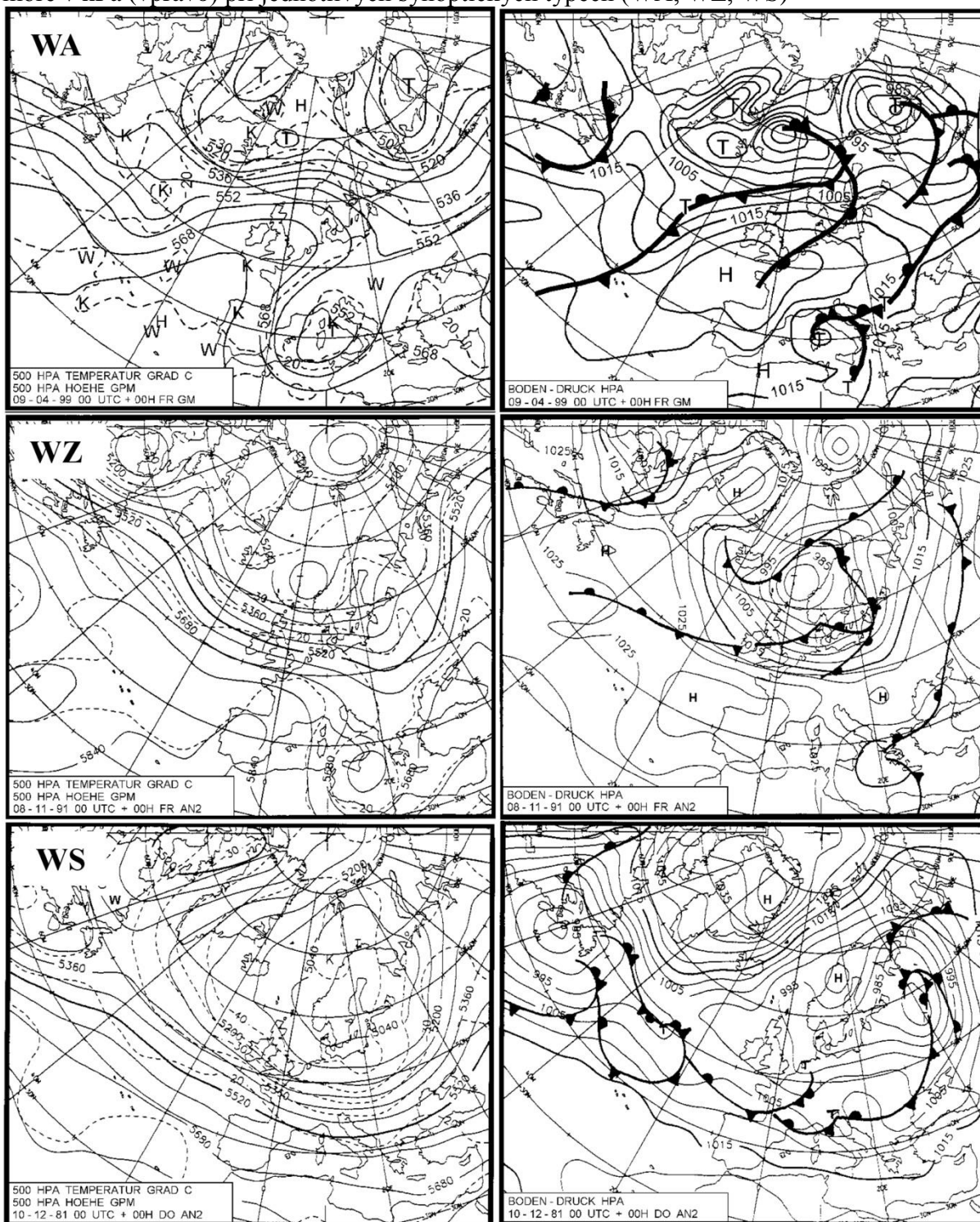


Zdroj: ECA&D (2013), EuroGraphics (2013)

Příloha 2: Seznam stanic použitých v analýze; o = vybraný prvek je pro dané období analyzován; x = vybraný prvek analyzován není

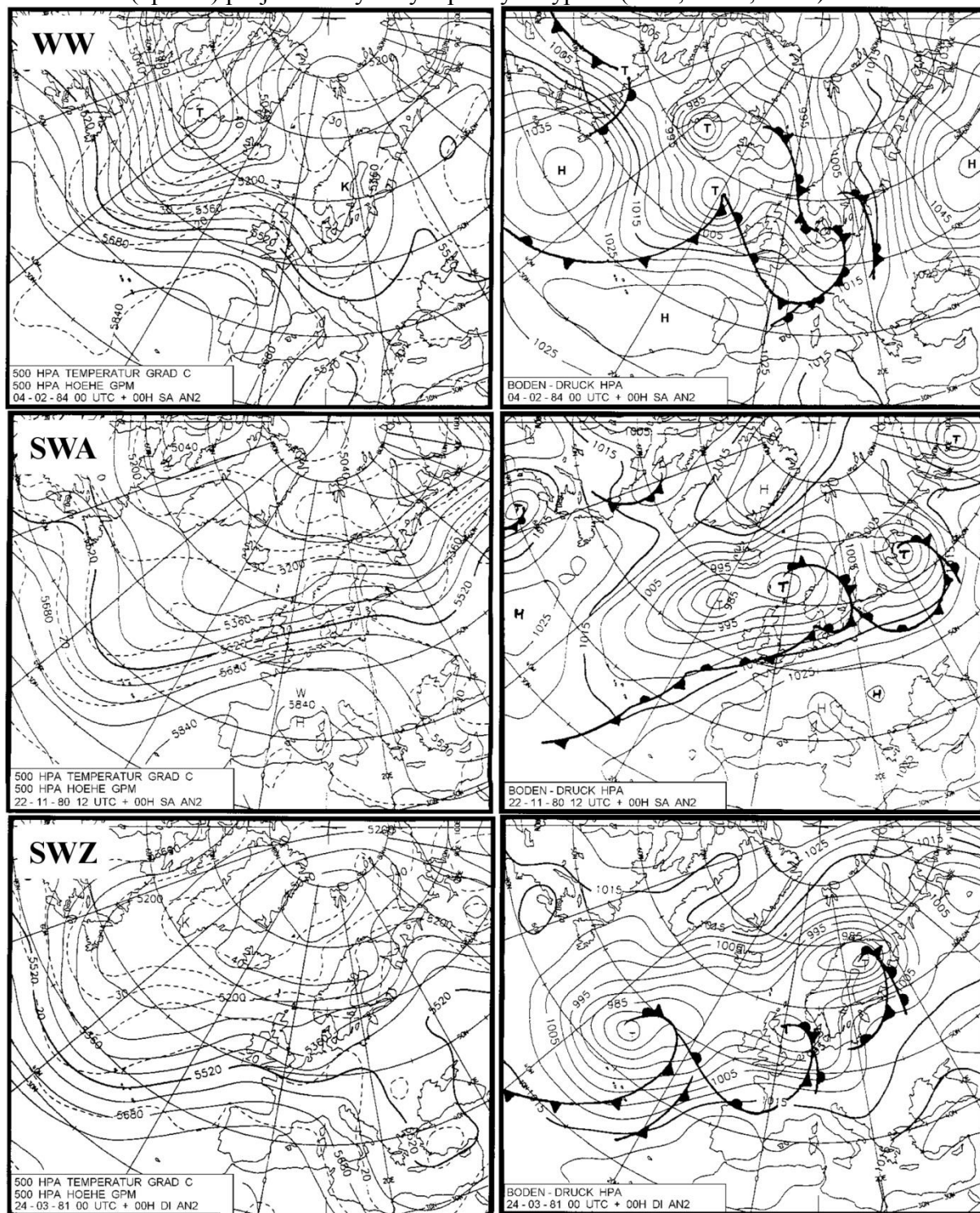
Stát	Stanice	léto			zima			ID	Stát	Stanice	léto			zima			ID
		Tx	Tn	Sr	Tx	Tn	Sr				Tx	Tn	Sr	Tx	Tn	Sr	
Albánie	Shkodra	x	x	x	x	o	x	1	Německo	Tier-Petrisberg	o	o	o	o	o	o	33
Alžírsko	Alger-Dar El Beida	x	x	x	x	x	x	x	Německo	Wurzburg	o	o	o	o	o	o	34
Rakousko	Vídeň	o	o	o	o	o	o	2	Řecko	Chania	o	o	o	o	o	o	35
Bělorusko	Brest	x	x	x	o	o	x	3	Řecko	Kofru	o	o	o	x	o	o	36
Bělorusko	Vasilevici	o	o	o	o	o	o	4	Řecko	Heraklion	o	o	o	o	o	o	37
Bosna a Hercegovina	Sarajevo	o	o	o	o	o	o	5	Řecko	Larissa	o	o	o	o	o	x	38
Chorvatsko	Hvar	o	o	o	o	o	o	6	Řecko	Hellinikon	o	o	o	o	o	x	39
Chorvatsko	Zavizan	o	o	o	o	o	o	7	Řecko	Methoni	o	x	o	x	x	o	40
Česká republika	Milešovka	o	o	o	o	o	o	8	Island	Dalatangi	o	o	o	o	o	o	41
Česká republika	Praha-Klementinum	o	o	o	o	o	x	10	Island	Rejkjavík	o	o	o	o	o	o	42
Dánsko	Vestervig	o	o	o	x	x	o	11	Island	Vestmannaeyjar	o	o	o	o	o	o	43
Estonsko	Tartu	o	o	o	o	o	o	12	Irsko	Dublin, park Phoenix	o	o	o	x	x	o	44
Finsko	Helsinki	o	o	o	o	o	o	115	Irsko	Malin Head	x	x	o	x	x	o	45
Finsko	Jyväskylä	o	o	o	o	o	o	116	Irsko	Valentia, rozhl.	x	x	o	x	x	o	46
Finsko	Sodankylä	o	o	o	o	o	o	117	Izrael	Elat	x	x	x	x	x	x	x
Francie	Beauvais-Tille	o	o	o	o	o	o	13	Itálie	Brindisi	x	x	x	x	x	x	x
Francie	Deols, let.	o	o	o	o	o	o	14	Itálie	Cagliari	x	x	x	x	x	x	x
Francie	Marseille, Palais-Longchamp	o	o	x	o	o	x	15	Itálie	Miláno	o	o	o	o	o	o	47
Francie	Bordeaux, let. Merignac	o	o	o	o	o	o	16	Itálie	Řím	x	x	x	x	x	x	x
Francie	Mont Aigoual	o	o	o	o	o	x	17	Itálie	San Cassiano	o	o	o	o	o	o	48
Francie	Nîmes	o	o	o	o	o	o	18	Litva	Siauliai	o	o	o	o	o	x	49
Francie	Paříž-park Montsouris	o	o	o	o	o	o	114	Nizozemsko	Eelde	o	o	o	o	o	o	50
Francie	Perpignan	o	o	o	o	o	o	20	Nizozemsko	Maastricht	o	o	x	o	o	x	51
Francie	Rennes	o	o	o	o	o	o	21	Nizozemsko	Valkenburg	o	o	o	o	o	o	53
Francie	Štrasburk-Entzheim	o	o	o	o	o	o	22	Norsko	Abjorsbraten	o	o	o	o	o	o	54
Německo	Brocken	o	o	o	o	o	o	23	Norsko	Glomfjord	o	o	o	o	o	o	55
Německo	Gorlitz	o	o	o	o	o	o	24	Norsko	Karasjok	o	o	o	o	o	o	56
Německo	Helgoland	o	o	o	o	o	o	25	Norsko	Kjøbli i Snaasa	o	o	o	o	o	o	57
Německo	Hof	o	o	o	o	o	o	26	Norsko	Lindesnes, maják	o	o	o	o	o	o	58
Německo	Kahler Asten	o	o	o	o	o	o	27	Norsko	Lyngor, maják	o	o	o	o	o	o	59
Německo	Kempten	o	o	o	o	o	o	28	Norsko	Oslo	o	o	o	o	o	o	60
Německo	Magdeburg	o	o	o	o	o	o	30	Norsko	Takle	o	o	o	o	o	o	61
Německo	Postdam	o	o	o	o	o	o	31	Norsko	Tromsø	o	o	o	o	o	o	62
Německo	Schleswig	o	o	o	o	o	o	32	Norsko	Vaernes	o	o	o	o	o	o	63

Příloha 3: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (WA, WZ, WS)



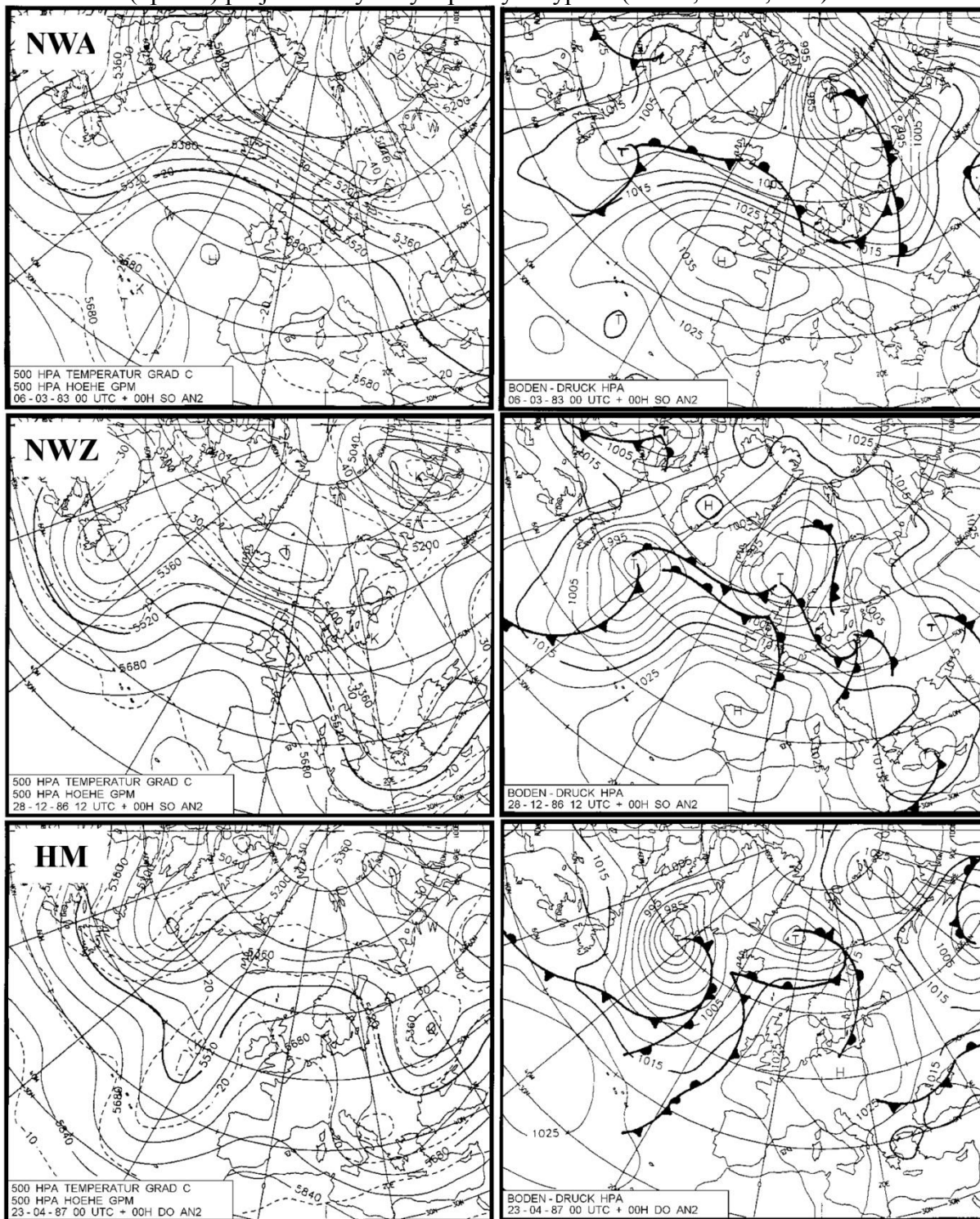
Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010)

Příloha 4: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (WW, SWA, SWZ)



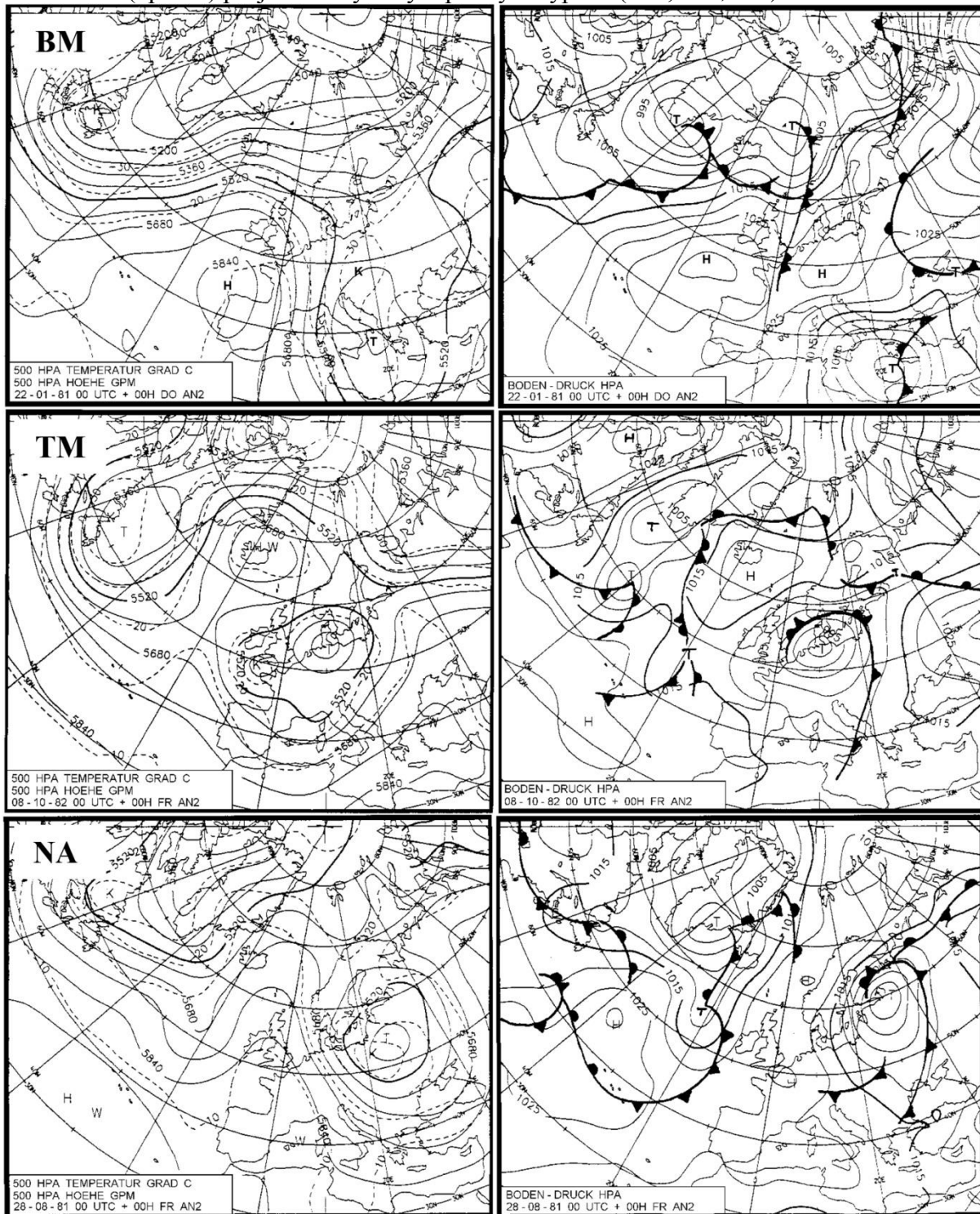
Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010)

Příloha 5: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (NWA, NWZ, HM)



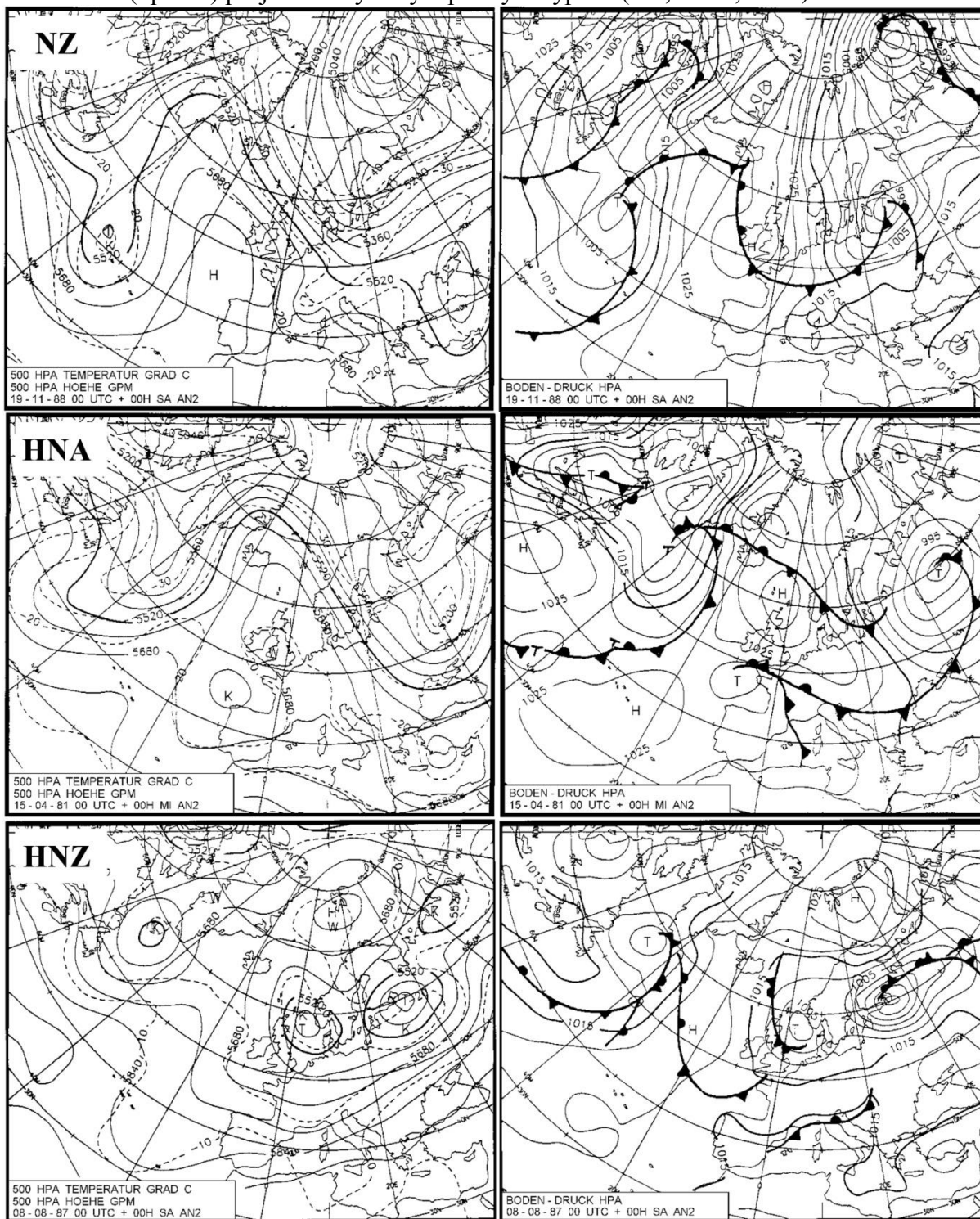
Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010)

Příloha 6: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (BM, TM, NA)



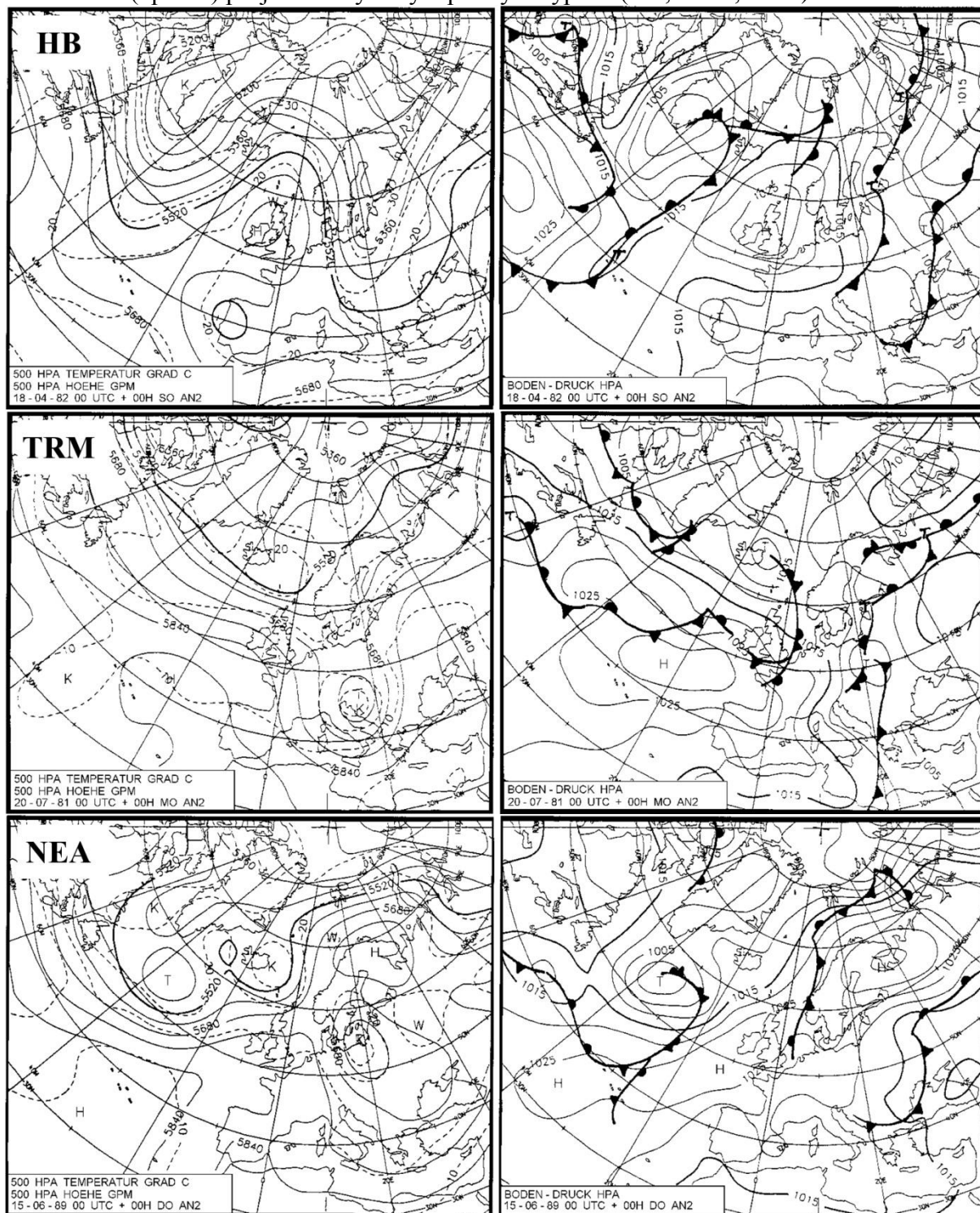
Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010)

Příloha 7: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (NZ, HNA, HNZ)



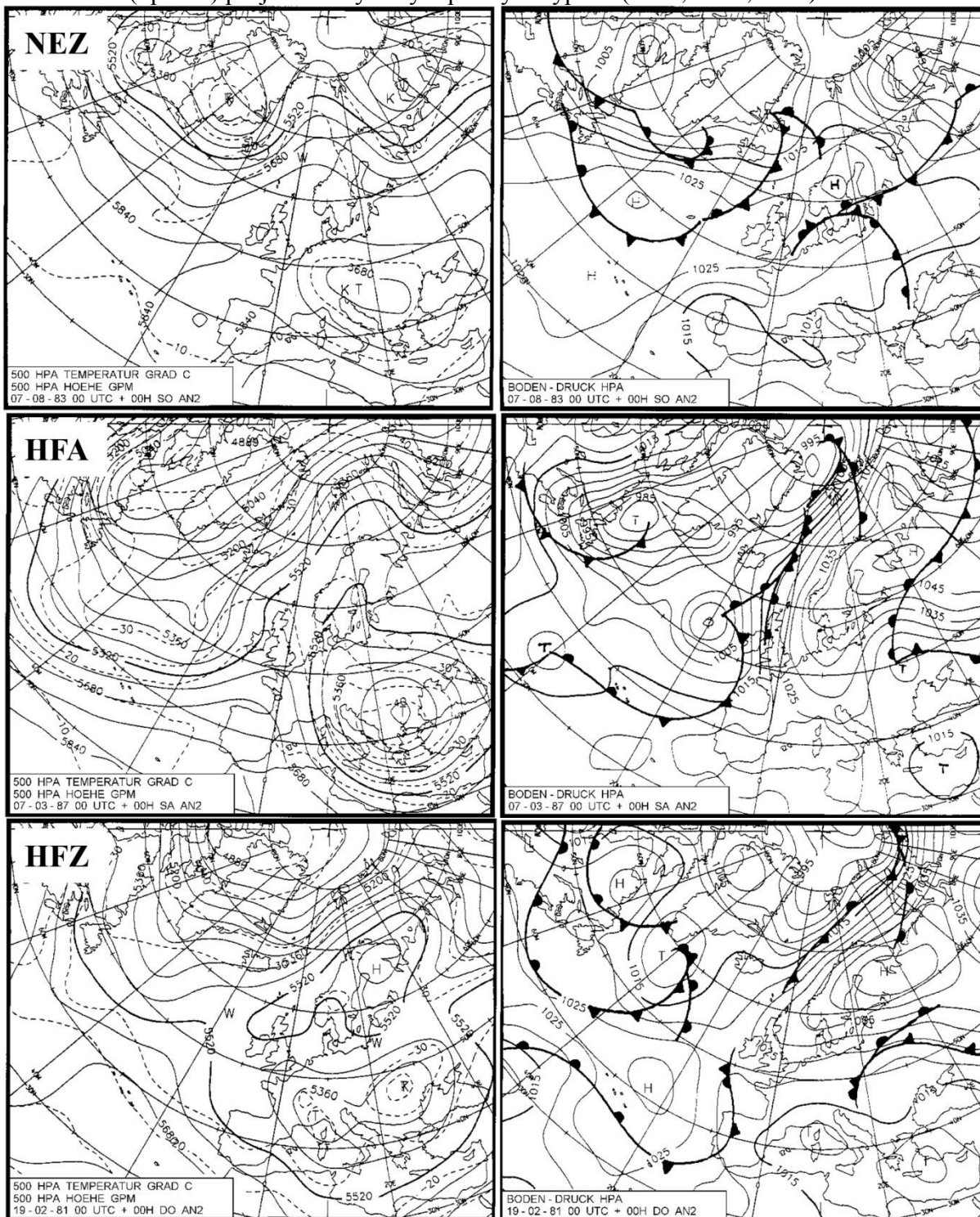
Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010)

Příloha 8: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (HB, TRM, NEA)



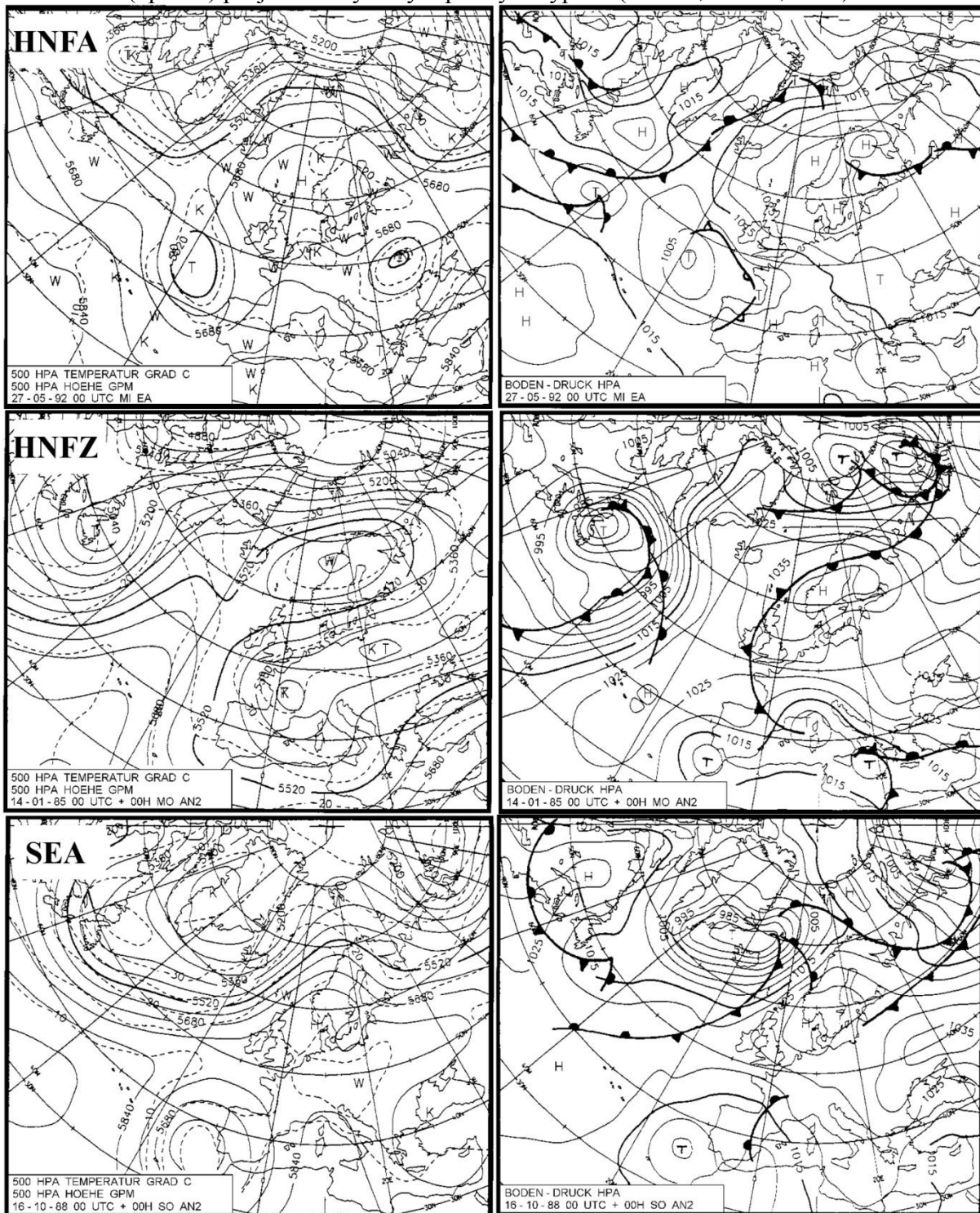
Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010)

Příloha 9: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (NEZ, HFA, HFZ)



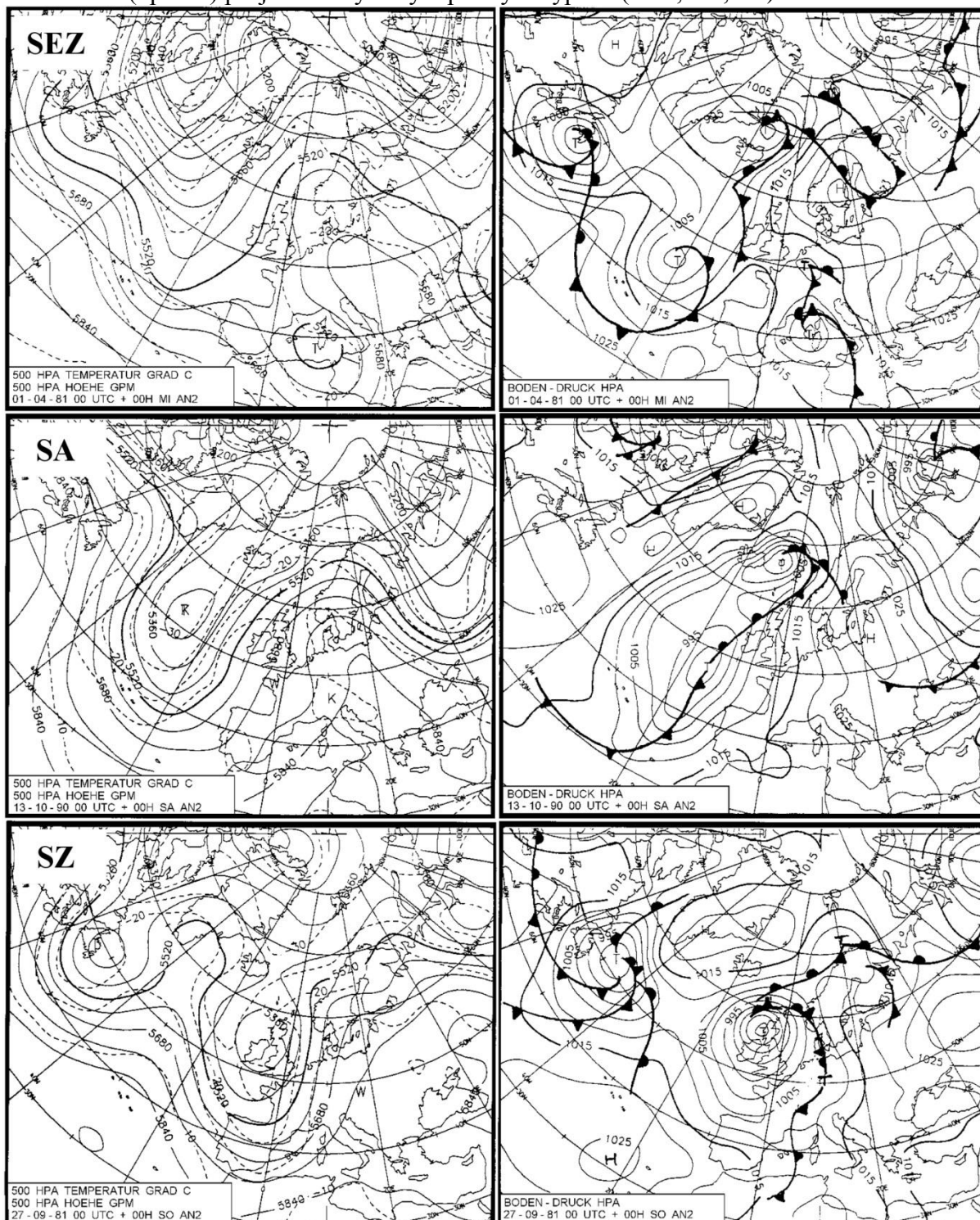
Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010)

Příloha 10: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (HNFA, HNFZ, SEA)



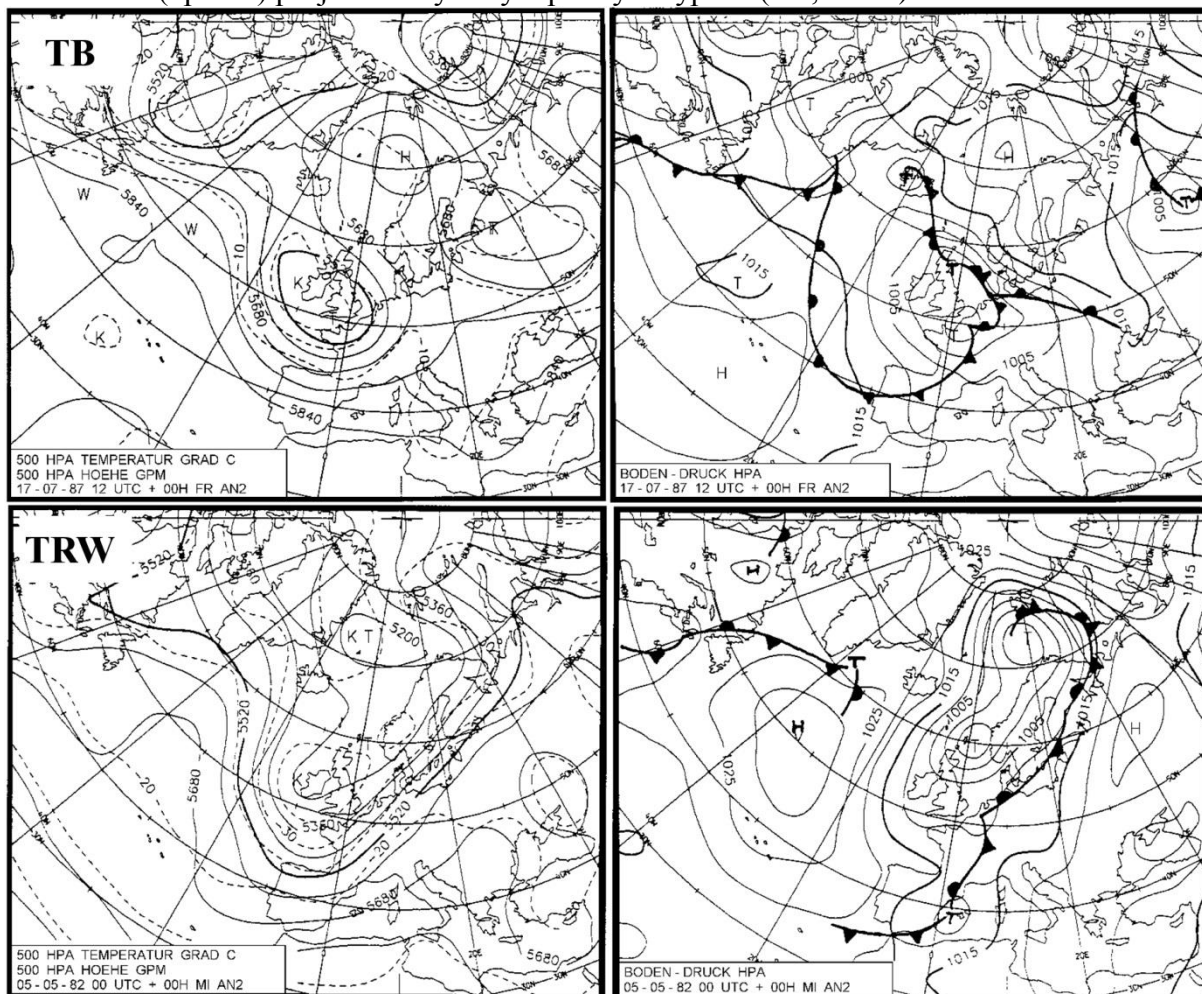
Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010)

Příloha 11: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (SEZ, SA, SZ)



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010)

Příloha 12: Příklady rozložení geopotenciální výšky hladiny 500 hPa (vlevo, plná čára), teploty vzduchu v °C hladiny 500 hPa (vlevo, přerušovaná čára) a tlak přepočtený na hladinu moře v hPa (vpravo) při jednotlivých synoptických typech (TB, TRW)



Zdroj: Gerstengarbe a Werner (2010)